

UNIVERSITE DE CLERMONT-FERRAND

FACULTE DE PHARMACIE

( U.E.R. de Pharmacie )

Année 1972

N°

30

# THÈSE

pour le

## DOCTORAT EN PHARMACIE

( Diplôme d'Université )

par

Marie-France BERNIGAUD

Pharmacien

Ancien Interne des Hôpitaux de Clermont-Ferrand

Née le 20 Janvier 1945

à GUEUGNON ( Saône et Loire )

Présentée et soutenue publiquement le 27 Avril 1972

### MESURE DES PRINCIPAUX POLLUANTS ATMOSPHERIQUES DANS L'AGGLOMÉRATION CLERMONTOISE.

Président : M. CLUZEL, Professeur

Membres du Jury : M. ANDRAUD, Maître de Conférences Agrégé

M. BEYTOUT, Maître de Conférences Agrégé

M. CHAMPEIX, Professeur.

*Clermont-Reproduction, 64 avenue J. Noellet - AUBIERE*



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

UNIVERSITE DE CLERMONT-FERRAND

FACULTE DE PHARMACIE

( U.E.R. de Pharmacie )

---

Année 1972

N°

# THÈSE

pour le

## DOCTORAT EN PHARMACIE

( Diplôme d'Université )

par

Marie-France BERNIGAUD

Pharmacien

Ancien Interne des Hôpitaux de Clermont-Ferrand

Née le 20 Janvier 1945

à GUEUGNON ( Saône et Loire )

Présentée et soutenue publiquement le 27 Avril 1972

### MESURE DES PRINCIPAUX POLLUANTS ATMOSPHERIQUES DANS L'AGGLOMÉRATION CLERMONTOISE.

---

Président : M. CLUZEL, Professeur

Membres du Jury : M. ANDRAUD, Maître de Conférences Agrégé

M. BEYTOUT, Maître de Conférences Agrégé

M. CHAMPEIX, Professeur.

*Clermont-Reproduction, 64 avenue J. Noellet - AUBIERE*



## UNIVERSITÉ DE CLERMONT

Président de l'Université : M. KOHLMULLER  
Vice-Président : M. LEMOSSE  
Secrétaire Général : Mme CHOPART

### FACULTÉ DE PHARMACIE ( U.E.R. DE PHARMACIE )

Doyen : M. COULET  
Vice-Doyen : Mme GAILLARD  
Professeurs Honoraires : Mme BLANQUET  
M. VAURS

#### I - Professeurs Titulaires.

|              |                                      |
|--------------|--------------------------------------|
| MM. BASTIDE  | Chimie Biologique et Pharmacodynamie |
| BERGER       | Chimie Analytique                    |
| CLUZEL       | Bactériologie et Hygiène             |
| COULET       | Botanique et Microbiologie           |
| DAUPHIN      | Chimie Pharmaceutique et Toxicologie |
| N .....      | Pharmacie Galénique                  |
| Mme GAILLARD | Physique Pharmaceutique              |
| MM. POURRAT  | Matière Médicale                     |
| TRONCHE      | Pharmacie Chimique                   |

#### II - Professeurs sans Chaire.

|               |                                |
|---------------|--------------------------------|
| Mle CHATONIER | Chimie Minérale et Minéralogie |
| Mme POURRAT   | Matière Médicale               |

#### III - Maîtres de Conférences Agrégés.

|             |                            |
|-------------|----------------------------|
| MM. ANDRAUD | Toxicologie                |
| BEYTOUT     | Bactériologie et Virologie |
| COUQUELET   | Pharmacie Chimique         |
| Mme PETIT   | Chimie Analytique          |

IV - Délégués dans les fonctions de  
Maîtres de Conférences Agrégés.

|            |                     |
|------------|---------------------|
| M. AIACHE  | Pharmacie Galénique |
| M. BOYER   | Chimie Biologique   |
| M. GUILLOT | Botanique.          |

ATTACHE PRINCIPAL : M. BERTHON  
CONSERVATEUR de la BIBLIOTHEQUE : M. ARCHIMBAUD.

La Faculté décide que les opinions émises dans les travaux et mémoires présentées à l'occasion d'une soutenance de Thèse de Doctorat en Pharmacie doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner ni approbation, ni improbation. ( Délibération du 6 Juin 1956 ).

---

*A MES PARENTS*



A NOTRE MAITRE ET PRÉSIDENT DE THESE

*Monsieur le Professeur CLUZEL*

*Professeur de Bactériologie et Hygiène*

*Biologiste des Hôpitaux - Chef de Service*

*Chevalier des Palmes Académiques*

*Qui nous a fait l'honneur de nous accueillir  
dans son Laboratoire, qui nous a confié ce  
travail, tout en nous prodiguant ses conseils  
éclairés.*

*Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde  
gratitude.*



*A NOTRE JURY DE THESE*

*Monsieur le Professeur CHAMPEIX*

*Professeur de Médecine Légale et Médecine Sociale*

*Médecin des Hôpitaux*

*Officier des Palmes Académiques*

*Qui a bien voulu nous faire l'honneur de  
juger notre thèse.*

*Qu'il accepte ici l'expression de nos vifs  
remerciements.*

*Monsieur le Professeur Agrégé ANDRAUD*

*Maître de Conférences Agrégé ( Toxicologie )*

*Chevalier des Palmes Académiques*

*Qui nous a sans cesse guidée dans la réali-  
sation de ce travail, l'a empreint de son  
immense savoir.*

*Qu'il trouve ici le modeste témoignage de  
notre profonde admiration.*

*M Monsieur le Professeur Agrégé BEYTOUT*

*Maître de Conférences Agrégé ( Bactériologie-Virologie )*

*Biologiste des Hôpitaux*

*Qui nous a dispensé un enseignement clair  
et brillant.*

*Qu'il veuille bien trouver ici, l'expression de  
notre reconnaissance.*



*A TOUS CEUX QUI ONT ÉTÉ NOS MAITRES*

*Nous sommes très sensible à la valeur  
de leur enseignement.*

*Qu'ils soient remerciés.*



*A TOUS LES MEMBRES*

*DU COMITÉ RÉGIONAL AUVERGNE  
DE L'ASSOCIATION POUR LA PRÉVENTION DE LA  
POLLUTION ATMOSPHERIQUE.*

*PRESIDENT : Professeur CHAMPEIX*

*MM. ANDRAUD  
BEAUFRERE  
BERGER  
BONTEMP  
CATALINA  
CLUZEL  
DESBIEZ  
DORIER  
FOREST  
PINGEOT  
SOULAGE  
VERELLE*

*En remerciement de l'aide scientifique et  
matérielle qu'ils nous ont apportée.*



*A MESSIEURS LES MAIRES*

*des différentes communes de l'agglomération  
clermontoise.*

*En remerciement de l'aide administrative et  
matérielle qu'ils nous ont apportée.*



## I N T R O D U C T I O N

---

La pollution de l'atmosphère par l'Homme existe depuis que l'homme a fait du feu, mais au fil des ans et avec le développement de l'activité humaine elle a pris une importance considérable.

L'importance et la gravité du problème de la pollution est apparue il y a déjà bien longtemps. Les Egyptiens nous révèlent les toutes premières observations concernant la pollution ( Papyrus SMITH, 1600 av. J.C. ) ( 85 ).

L'un des premiers textes paru en Europe, a été un Edit Royal anglais du 13ème siècle : l'usage du charbon pour le chauffage des foyers domestiques était interdit pendant les sessions du parlement ; un entrepreneur fut pendu pour avoir transgressé cette règle ( 85 ).

En France, dès 1810, fut publié un décret impérial, relatif aux odeurs insalubres, émises par les manufactures et ateliers. Ce décret mentionnait pour la première fois le terme d'établissement classé que l'on retrouve dans la législation actuelle ( 40 ).

Ce sont très souvent des manifestations visuelles, olfactives qui ont fait prendre conscience aux dirigeants de la souillure du milieu ambiant. A partir du 19ème siècle, avec l'industrialisation et la concentration urbaine puis avec l'apparition de l'automobile, la pollution atmosphérique a pris une ampleur considérable, tant au point de vue qualitatif que quantitatif: Ce qui a fait dire à Hervé LAUWICK, le 20 décembre 1896 dans le journal «Echo des praticiens» ( 50 ) : « Les gens des villes vont mourir. On remplace le crottin par l'acide carbonique ».

Parallèlement aux pollutions « voyantes » il s'est développé une pollution invisible, sournoise, mise en évidence par les altérations des végétaux, les dégradations des monuments, l'apparition de troubles morbides chez l'homme ( picotement des yeux, etc ) la diminution de l'ensoleillement, l'accumulation de brumes et de brouillards de plus en plus fréquents signalant la présence des agglomérations urbaines aux aviateurs.

La pollution chimique de l'air a éclaté à la face du monde à la suite « d'accidents » demeurés fort célèbres. Du 1er au 5 décembre 1930, 63 personnes ont trouvé la mort dans la vallée de la Meuse ( Belgique ). En 1948, le « smog » de Donora en Pensylvanie, a tué en quatre jours, 20 personnes. A Londres, pendant le mois de décembre 1952, le « smog » a été responsable de plus de 4 000 décès ( 40 ). Ces catastrophes sont dues à des conditions météorologiques exceptionnelles favorisant la concentration des polluants atmosphériques.

La position géographique, les conditions climatiques, le développement industriel, mais surtout l'importance du parc automobile ont créé à Los Angeles la présence quasi permanente du très célèbre « smog oxydant ». C'est pourquoi les autorités locales, dès 1947, ont été conduites à prendre des mesures visant la réglementation des sources de la pollution ; les gaz d'échappement des véhicules automobiles étant les principaux responsables de ce smog furent l'objet de règlements draconiens. Depuis cette date l'Etat de Los Angelès est à la pointe de la lutte contre la pollution atmosphérique.

Vingt ans après l'Amérique, le Conseil de l'Europe a pris conscience de ce problème ; en 1967, il donnait une définition de la pollution atmosphérique « il y a pollution de l'air lorsque la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans

la proportion de ses constituants, est susceptible de provoquer un effet nuisible, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, ou de créer une gêne» (60). L'expression « pollution de l'atmosphère » si largement utilisée par la presse spécialisée ou non, n'existe légalement que depuis 1958.

Depuis le premier décret de 1810, une législation relative à l'ensemble de la pollution atmosphérique a été élaborée : les principales étapes en sont :

- la loi du 19 décembre 1917 sur les établissements dangereux, insalubres et incommodes.

- la loi du 20 avril 1932 : « loi Morizet ».

- la loi n° 61 842 du 2 avril 1961, loi cadre relative à la lutte contre la pollution atmosphérique et les odeurs, qui est la charte actuelle en matière de protection de l'air, complétée par de nombreux textes d'application. Il a fallu attendre l'année 1970 pour que le gouvernement se sente officiellement concerné par ce grave problème de dimension planétaire, en créant le ministère de l'environnement.

Devant ce problème crucial qu'est la pollution atmosphérique permanente et insidieuse, rappelée parfois, par des accidents dramatiques, des mesures de lutte et de prévention ont été prises pour éviter que le danger n'augmente trop vite dans les agglomérations. Mais cette lutte contre la pollution pour être efficace doit commencer par la connaissance de cette pollution.

Dans de nombreuses cités industrielles un réseau de surveillance a été mis en place et il nous a paru nécessaire « de faire le point » de la pollution atmosphérique au sein de l'agglomération clermontoise.

Etant donné la complexité des polluants, tant du point de vue quantitatif que qualitatif, nous avons retenu, comme dans les autres villes, les polluants considérés comme typiques de la pollution atmosphérique urbaine, oxyde de carbone d'une part et acidité forte et fumées d'autre part.

La première partie de ce travail est consacrée à l'étude des principales nuisances atmosphériques.

La seconde partie présente le protocole opératoire des mesures des polluants étudiés ( oxyde de carbone - acidité forte - fumées ) à partir du 1er novembre 1969 sur une année entière.

La troisième partie expose les résultats obtenus, et essaie d'évaluer le degré de pollution pour l'agglomération clermontoise.

---

## P L A N

---

### CHAPITRE I – Les principaux polluants atmosphériques.

#### I - Les principaux polluants.

##### A - Les composés soufrés.

- a ) Dioxyde de soufre ou anhydride sulfureux (  $\text{SO}_2$  ),  
           Trioxyde de soufre ou anhydride sulfurique (  $\text{SO}_3$  )
- b ) Hydrogène sulfuré (  $\text{H}_2 \text{S}$  )

##### B - Les composés carbonés

- a ) Dioxyde de carbone ou gaz carbonique (  $\text{CO}_2$  )
- b ) Mono-oxyde de carbone ou oxyde de carbone (  $\text{CO}$  )
- c ) Hydrocarbures
- d ) Aldéhydes

##### C - Les composés azotés.

- a ) Ammoniac
- b ) Oxydes d'azote
- c ) Nitrate de péracyle ou PAN.

##### D - Les polluants minéraux divers

- a ) Fluor
- b ) Plomb

##### E - Les particules solides

poussières - fumées - aérosols.

##### F - Les odeurs

##### G - Conclusion.

##### Remarque :

- 1 ) Etude des gaz d'échappement

#### II - La détermination des principaux polluants.

## CHAPITRE II – Mesure de l'oxyde de carbone, de l'acidité forte et des fumées dans l'agglomération clermontoise : matériel et méthodes.

### I - L'agglomération clermontoise

A - La situation géographique

B - Les conditions climatiques

### II - Le matériel et les méthodes.

A - L'oxyde de carbone

B - L'acidité forte ( anhydride sulfureux ) et les fumées

## CHAPITRE III – Mesure de l'oxyde de carbone, de l'acidité forte et des fumées dans l'agglomération clermontoise : Résultats et discussion.

### I - Les résultats

A - L'oxyde de carbone

B - L'acidité forte ( anhydride sulfureux ) et les fumées.

### II - La discussion.

A - L'oxyde de carbone :

1 ) Les différentes concentrations

a ) faibles

b ) élevées

c ) intermédiaires

2 ) Les facteurs intervenant dans la concentration

a ) facteur automobile

b ) facteur géographique

c ) facteur météorologique

d ) facteur topographique

3 ) Commentaire de nos résultats

( comparaison avec d'autres villes )

**B - L'acidité forte ( anhydride sulfureux ).**

- 1 ) Remarques générales sur les résultats trouvés
- 2 ) Commentaires
- 3 ) Comparaison avec les autres villes

**C - Les fumées.**

- 1 ) Remarques générales sur les résultats trouvés
- 2 ) Commentaires
- 3 ) Comparaison avec les autres villes.

**III - Conclusion.**

---



## CHAPITRE I

---

### LES PRINCIPAUX POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES.

---

La couche d'air qui entoure la terre ou troposphère dans laquelle baignent les êtres vivants est constituée ( 60, 13 ) par :

- 78 % d'azote
- 21 % d'oxygène
- 0,93 % d'argon et de gaz rares ( néon, hélium, krypton, xénon )
- 0,03 % de gaz carbonique provenant essentiellement de la respiration des êtres vivants et des plantes mais également des sources hydrominérales, des émanations volcaniques et des océans.
- des traces d'hydrogène, d'ammoniaque, d'acide nitrique, d'acide nitreux, d'anhydride sulfureux, d'acide sulfurique, d'ozone, des émanations radio-actives ( 10 ).

L'analyse de l'atmosphère des agglomérations urbaines et industrielles nous révèle une composition différente et l'existence de bien d'autres composés qui les souillent, déchets des activités humaines et de la civilisation industrielle ( 10, 19, 86 ), plus ou moins toxiques : « les polluants ».

Un polluant « est une substance qui se trouve dans l'atmosphère à une concentration supérieure à sa concentration habituelle, celle-ci étant d'ailleurs le plus souvent nulle, exception pouvant être faite pour le gaz carbonique, les oxydes d'azote, l'ozone et l'ammoniac qui sont des constituants normaux de l'atmosphère non polluée » ( 21 ).

Les polluants sont rejetés en grande quantité dans l'atmosphère au sein de laquelle les substances gazeuses diffusent et se diluent alors que les particules lourdes s'éliminent par retombée sur le sol. Ainsi se réalise une détoxification naturelle, une autoépuration. Mais, le développement industriel et le développement urbain qui leur sont liés augmentent à la fois la densité de la population et la densité, l'importance et la variété des sources de pollution. Les habitants de ces agglomérations se trouvent plongés dans un air de plus en plus pollué ; les phénomènes de diffusion et de dilution dans l'atmosphère, réglés par les conditions météorologiques, sont parfois insuffisants pour que les polluants soient amenés à des concentrations dénuées d'agressivité et de toxicité à long terme.

Les effets néfastes de la pollution atmosphérique sur la santé de l'homme sont certains, mais les normes de qualité d'air sont difficiles à définir du fait des mélanges des divers polluants ( 32 ) et de l'hétérogénéité de la population ( sensibilité des tout jeunes, fragilité des vieillards, etc ... ). Les concentrations maximales admissibles ou maximum allowable concentration ( M.A.C. ) des anglo-saxons, adoptées par les hygiénistes pour l'air des locaux industriels, ne sont pas transposables à la pollution atmosphérique : elles ne sont valables que pour un seul contaminant à la fois, pendant la durée de travail ( 8 heures / jour, pendant 5 jours/semaine ) et vis-à-vis d'une population adulte, reconnue apte au travail et donc relativement homogène.

Malgré l'importance qualitative et quantitative des substances émises dans l'atmosphère, il nous est impossible dans ce travail d'envisager l'étude de tous les polluants et de leurs interactions. ( Synergie ) ( 86 )

C'est pourquoi dans ce premier chapitre, tout en faisant l'inventaire des principaux polluants, rejetés dans l'atmosphère et souillant l'air des villes et des sources industrielles : ( composés soufrés, composés carbonés, composés azotés, polluants minéraux divers, particules solides, odeurs ) en rappelant leurs caractères et leurs méthodes de détection, nous essayerons de rassembler les normes de qualité d'air proposées par les hygiénistes.

Nous le terminerons en rapportant quelques données sur les gaz d'échappement des moteurs et par un tableau synoptique des principales méthodes de dosage des polluants atmosphériques ; car dans la répartition des responsabilités octroyées à chacune des 3 sources fondamentales de la pollution atmosphérique urbaine : foyers domestiques, foyers et rejets industriels, véhicules à moteur, la part de ces derniers ne fait que s'accroître.

## I - LES PRINCIPAUX POLLUANTS.

### A - LES COMPOSÉS SOUFRÉS.

- a ) Dioxyde de soufre ou anhydride sulfureux (  $\text{SO}_2$  ),  
 Trioxyde de soufre ou anhydride sulfurique (  $\text{SO}_3$  ).  
 ( 1 ppm ( partie par million ) = 2,6 mg/m<sup>3</sup> )

L'anhydride sulfureux est une des principales impuretés gazeuses de l'atmosphère ( 19, 21 ), produite par combustion de combustibles tous plus ou moins riches en impuretés soufrées.

L'émission de gaz sulfureux calculée dans la région parisienne est de 240.000 tonnes de  $\text{SO}_2$  pendant l'année 1964 ( 21 ) contre 180.000 au cours de l'année 1958 ( 85 ). Elle est fonction de la teneur initiale de soufre dans le combustible ( 43, 69 ) qu'il s'agisse :

- des combustibles solides : charbon, coke.
- des combustibles liquides ou huiles minérales :  
     fuels domestiques,  
     fuels légers  
     fuels lourds
- des combustibles gazeux :  
     gaz de ville  
     gaz naturel ( gaz de Lacq ).

La quantité de soufre existant dans ces combustibles varie selon la quantité et l'origine :

- le charbon gras contient jusqu'à 3,5 % de soufre ;
- les huiles minérales du Moyen Orient jusqu'à 4 % ;
- le charbon livré à Paris et dans la région parisienne contient en moyenne 1 % de soufre.

La teneur maximum en soufre est de l'ordre de 6 % ( 85 ).

La composition des combustibles solides n'a varié que très lentement au cours des années du fait de la stabilité de la production

des bassins et des produits importés, par opposition à celle des combustibles liquides dont les teneurs en soufre sont réduites de plus en plus : 0,4 % pour le fuel-oil domestique, 2,5 % pour les fuels lourds en 1967 ; la limitation de ces teneurs à 0,7 % pour le fuel domestique, 2 % pour les fuels léger et lourd n° 1 et 4 % pour le fuel lourd n° 2 ( 27 ) et d'ailleurs l'un des aspects de la lutte contre les émissions d'anhydride sulfureux.

Ainsi, depuis 1962, on a pu, par l'amélioration des qualités des combustibles liquides, par la réglementation sur l'utilisation des fuels et sur les installations de chauffage dans les zones de protection spéciale, réduire, dans la région parisienne, malgré le développement de la consommation d'énergie de 40 %, la pollution SO<sub>2</sub> - fumées que le chauffage au mazout avait aggravée vers 1960 dans les quartiers résidentiels ( 85 ). Les rapports du Laboratoire d'Hygiène de la ville de Paris indiquant une diminution de 35 % de la pollution en anhydride sulfureux entre 1964 et 1969 ( 68 ).

Dans le cadre des ambiances professionnelles les valeurs maximales admissibles sont ( 31 ) : ) .

- de 5 ppm ou 13 mg/m<sup>3</sup> ( 13.000 mcg/m<sup>3</sup> ) aux U.S.A.
- et de 10 mg/m<sup>3</sup> ( 10.000 mcg/m<sup>3</sup> ) en U.R.S.S.

Or ces M.A.C. sont au moins dix fois supérieures et plus, aux teneurs rencontrées dans l'atmosphère des villes qui sont le plus souvent inférieures à 0,1 ppm en été et 0,4 ppm en hiver (60). Les taux relevés à Londres lors des graves accidents de 1952, où plus de 4.000 décès furent enregistrés, 10 fois plus élevés que pendant la même période de l'année précédente ne sont que de l'ordre du milligramme par m<sup>3</sup> ( 0,4 à 0,5 ppm ).

L'anhydride sulfureux rejeté dans l'atmosphère voit en effet augmenter sa toxicité par transformation en acide sulfurique ( 69 ) et par action conjuguée des poussières ( fumées ). Dans l'air, sous l'influence de processus photochimiques ou sous l'action catalytique des poussières ( suies et éléments métalliques ) qui servent de noyaux de condensation à la formation de gouttelettes d'eau,

l'anhydride sulfureux donne naissance à de l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) particulièrement dangereux sous forme d'aérosols, les ions ammoniums favorise cette transformation. Une synergie entre  $\text{SO}_2$  et ces aérosols d'acide sulfurique a été démontrée lorsque la taille des gouttelettes d'aérosols est suffisamment petite  $0,8 \mu$  ( 85, 86 ).

Les 2,6 mg/m<sup>3</sup> représentant 1 ppm de  $\text{SO}_2$  sont beaucoup moins toxiques pour l'appareil respiratoire que les 4,5 mg/m<sup>3</sup> de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  qu'ils engendrent ( 63 ) dans certaines conditions.

La présence d'acide sulfurique dans l'atmosphère humide, liée à des conditions météorologiques très défavorables empêchant une dispersion suffisante et favorisant la « formation de smog acide » a été responsable des catastrophes de la Meuse en 1930, de Donora en 1948, de Londres en 1948 et 1952.

Des zones de protection spéciale ( arrêté du 11 août 1964 ) à Paris ont été déterminées en prenant pour base les teneurs moyennes de 750 mcg/m<sup>3</sup> ( 0,29 ppm ) en  $\text{SO}_2$  et 310 mcg/m<sup>3</sup> en fumée noire qui ne doivent pas être observées plus de 8 jours non consécutifs par an. Les normes admises en  $\text{SO}_2$  pour l'environnement, retrouvées dans la littérature ( 31, 46, 60 ) sont très variables selon les pays ( tableau 1 ).

Tableau 1 — Seuil de pollution dans l'environnement pour l'anhydride sulfureux.

| PAYS               | MOYENNE |                    | Durée correspondant à la moyenne | DESCRIPTION        |
|--------------------|---------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|                    | en ppm  | mcg/m <sup>3</sup> |                                  |                    |
| Californie         | 0,3     | 780                | 8 heures                         | niveau défavorable |
|                    | 1,0     | 2.600              | 1 heure                          | niveau défavorable |
|                    | 5,0     | 13.000             | 1 heure                          | niveau sérieux     |
|                    | 10,0    | 26.000             | 1 heure                          | urgence            |
| Pologne            | 0,31    | 806                | 15 minutes                       | —                  |
| Roumanie           | 0,09    | 234                | 24 heures                        | —                  |
| U.R.S.S.           | 0,05    | 130                | 24 heures                        | —                  |
| Allemagne fédérale | 0,20    | 520                | 30 minutes                       | —                  |

Les concentrations en fonction des temps d'exposition diffèrent parfois profondément suivant les critères qui ont servi à les établir. En Union Soviétique, aux concentrations maximales, aucune altération ne doit être décelable ; aux U.S.A., les concentrations sont fixées d'après des observations faites sur des plantes.

Enfin, des auteurs anglais ont insisté sur l'influence de l'association SO<sub>2</sub> et poussières dont l'action simultanée favorise l'apparition de la bronchite chronique. Les signes de détérioration pour bronchiteux apparaissent à 546 mcg/m<sup>3</sup> (0,21 ppm) de SO<sub>2</sub> et 300 mcg/m<sup>3</sup> de poussières. Les taux de mortalité augmentent à Londres 24 heures après des teneurs en ces polluants supérieures à 650 mcg/m<sup>3</sup> (0,25 ppm) en SO<sub>2</sub> et 700 mcg/m<sup>3</sup> pour les poussières ( tableau 2 ).

Tableau 2 — Action de l'anhydride sulfureux et des poussières sur la santé.

| CONCENTRATION en<br>POUSSIÈRES : mcg/m <sup>3</sup> | CONCENTRATION EN<br>SO <sub>2</sub> : mcg/m <sup>3</sup><br>mcg/m <sup>3</sup> ppm |       | CONSEQUENCES<br>PATHOLOGIQUES                                |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|
| 750<br>( moyenne quotidienne )                      | 715                                                                                | 0,275 | Augmentation de probabilité de morts et de maladies graves.  |
| 300<br>( pendant quelques jours )                   | 630                                                                                | 0,242 | Aggravations aiguës des bronchites chroniques                |
| 200<br>( moyenne quotidienne )                      | 250                                                                                | 0,096 | Augmentation du taux d'absentéisme des ouvriers.             |
| 100 < Conc. < 130<br>( moyenne annuelle )           | 120<br>( moyenne annuelle )                                                        | 0,046 | Augmentation du taux des maladies respiratoires des enfants. |

L'action sur la santé, bien que capitale, ne doit pas nous faire oublier les dommages causés aux animaux, aux végétaux, les dégradations sur les monuments et les édifices publics ( 60 bis ).

**b ) Hydrogène sulfuré (  $H_2S$  ) ( 19, 21 )**  
 ( 1 ppm = 1,5 mg/m<sup>3</sup> )

En tant que polluant il n'est présent dans l'atmosphère qu'au voisinage de sources spécifiques :

- dépôts d'ordures ménagères
- raffineries ( Lacq ).

Réducteur, il est donc instable et par conséquent il disparaît rapidement. Mercaptans, sulfures, dérivés de l'hydrogène sulfuré, l'accompagnent fréquemment. Tous ces composés sont caractérisés par une odeur désagréable. Cependant, ce gaz peut s'avérer très toxique dans des conditions particulières. A l'usine de Lacq, le 24 novembre 1950 l'extinction d'un des brûleurs de gaz riche en  $H_2S$  ( jusqu'à 16 % ) entraîna la formation dans l'atmosphère d'un épais brouillard autour de la raffinerie. Trois cents personnes furent hospitalisées dont 21 succombèrent dans les 2 jours et une après 9 jours ( 86 ).

Les valeurs maximales admissibles dans les ambiances professionnelles sont :

pour les U.S.A. : 10 ppm ou 15 mg/m<sup>3</sup> ( 15.000 mcg/m<sup>3</sup> )

pour l'U.R.S.S. : 6,6 ppm ou 10 mg/m<sup>3</sup> ( 10.000 mcg/m<sup>3</sup> )

Dans l'environnement, le seuil de pollution est de 0,005 ppm pendant 24 heures en U.R.S.S. ; 0,1 ppm pendant 24 heures est un niveau défavorable en Californie.

## **B - LES COMPOSÉS CARBONÉS.**

### **a ) Dioxyde de carbone ou gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ).**

Le gaz carbonique résulte de la combustion complète de tous les corps organiques. Les quantités libérées dans l'atmosphère sont considérables : 500 à 600 millions de tonnes par an pour la Grande Bretagne.

L'augmentation de la teneur moyenne en  $\text{CO}_2$  de l'atmosphère serait à l'origine du réchauffement de la terre ce qui, dans quelques années pourrait avoir des conséquences considérables — fonte des glaciers, augmentation du niveau de la mer — terres submergées.

Le gaz carbonique représente un excellent exemple de l'interdépendance existant entre la météorologie générale et les phénomènes de pollution atmosphérique ( 21 ).

### **b ) Mono-oxyde de carbone ou oxyde de carbone ( $\text{CO}$ ).**

L'oxyde de carbone se produit dans toutes combustions incomplètes en présence d'une proportion insuffisante d'air ( 22 )  
On peut le mettre en évidence au niveau :

- des foyers industriels ou des foyers domestiques mal réglés,
- des gaz d'échappement des véhicules automobiles.
- L'oxyde de carbone est très toxique, il est le responsable des intoxications par le gaz de houille ( 73 ).
- En ville, où la circulation automobile est intense, on considère que l'origine du  $\text{CO}$  est presque due exclusivement au gaz d'échappement des véhicules automobiles ( 35 ). La répartition verticale des concentrations en  $\text{CO}$  le confirme ( 35, 36 ). En effet, la teneur de l'atmosphère en  $\text{CO}$  diminue rapidement lorsqu'on s'écarte des sources d'émission par suite du brassage

de l'air et elle devient pratiquement négligeable au-dessus du deuxième étage. L'oxyde de carbone n'est émis par les foyers industriels et les foyers domestiques qu'à des concentrations pratiquement non décelables ( 19 ). En Europe, l'oxyde de carbone est considéré comme le polluant-test de la pollution atmosphérique engendrée par les gaz d'échappement des véhicules automobiles

L'augmentation du nombre de voitures ( essayant de circuler ) pendant la grève du métropolitain de Paris, a entraîné une augmentation du niveau de pollution par CO non négligeable et des fréquences de dépassement des seuils de 30 et 40 ppm. ( 24 )

- Le lieu du prélèvement au niveau duquel la teneur en oxyde de carbone doit être déterminée est capital : un prélèvement fait à 1,50 mètres du sol, soit sur la chaussée, soit sur le trottoir ou près des maisons, donne des résultats différents ( 19 ). La même expérience réalisée à 75 centimètres du sol aboutit à des constatations identiques : diminution du taux de CO au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre de la rue ( 52 ).

Toutes les études concernant la pollution par l'oxyde de carbone montre l'existence d'une étroite corrélation entre l'importance du trafic automobile ( heure — journée — mois ), sa fluidité et les conditions météorologiques ( vent, gradient de température ) ( 71, 54, 56, 85, 18, 59 ).

La formation d'embouteillage élève la teneur moyenne de CO ( 53, 13 ) : au centre d'un encombrement, au milieu du trafic, les variations instantanées observées peuvent atteindre plusieurs centaines de ppm.

« L'influence des facteurs météorologiques est très nette. Cependant la variation simultanée de plusieurs de ces facteurs rend difficile la détermination de la part relative de chacun d'eux ». A Paris l'effet des saisons ne se manifeste pas de manière caractéristique,

mais il est observé très régulièrement que la pollution est inversement proportionnelle à la vitesse du vent ( 20 ).

L'importance du rôle du vent est déterminée par sa vitesse et par sa direction : lorsque sa vitesse, au niveau des toits, est inférieure à 2 m/seconde, l'effet sur la concentration de CO est nul ; si elle est supérieure à 2 m/seconde, avec une direction perpendiculaire à la rue, il se crée un tourbillon favorisant sa dispersion ( 22 ).

L'oxyde de carbone, présent dans les 12 m<sup>3</sup> d'air respiré quotidiennement, à une concentration permanente de quelques ppm, mais pouvant présenter des valeurs instantanées très élevées ( plusieurs centaines de ppm ) a une répercussion sur l'organisme humain. L'oxyde de carbone réagit sur l'oxyhémoglobine, pour déplacer l'oxygène de sa combinaison et ainsi donner naissance à la carboxyhémoglobine. Le complexe : hémoglobine + oxyde de carbone prive l'hémoglobine de son rôle vecteur de d'oxygène. Les tissus privés d'oxygène sont en anoxie ( 19 ) : il apparaît alors des troubles du système nerveux central et du système cardio-vasculaire. L'effet toxique de l'oxyde de carbone dépend de la concentration dans l'air ambiant et du temps d'exposition ( 41 ) et ce, jusqu'à une limite asymptotique. Lorsque la proportion de l'hémoglobine transformée en carboxyhémoglobine atteint 66 % il y a mort du sujet. Cette valeur correspond à une exposition de 2 heures environ à une teneur de 1.500 à 2.000 ppm d'oxyde de carbone dans l'atmosphère ( 22 ). La concentration de 2,5 % de carboxyhémoglobine qui correspond à l'exposition d'un sujet, non fumeur à 50 ppm de CO pendant 90 minutes représenterait le seuil de sécurité pour un adulte en bonne santé ( 72 ).

- Les déterminations de la valeur moyenne de l'oxyde de carbone atmosphérique pendant un nombre d'heures données et de la carboxyhémoglobininémie chez des gardiens de la paix et des policiers au début et à la fin de l'expérience ont permis d'observer une corrélation étroite entre l'augmentation de la carboxyhémoglobininémie et le taux moyen d'oxyde de carbone. Cette relation est d'autant plus étroite que le sujet considéré ne fume pas ( 20, 18 ). Par contre, chez les fumeurs aucune corrélation ne peut être établie, le taux initial

de carboxyhémoglobinémie étant variable. Chez certains, une diminution a été observée malgré l'exposition dans une atmosphère riche en oxyde de carbone, du fait d'une interdiction de fumer pendant les heures de service ( 20 ). Une expérience semblable a été réalisée sur les policiers fumeurs et non fumeurs de Rotterdam et Amsterdam ( 10 ) et sur ceux de Bordeaux ( 29 ). L'oxyde de carbone peut atteindre une autre catégorie de sujets, les conducteurs des véhicules automobiles ; dans les embouteillages, ces derniers respirent, vitre ouverte, l'air ambiant ou mieux encore s'imprègnent des gaz d'échappement par l'intermédiaire de leur chauffage ( 20 ). Des déterminations d'oxyde de carbone sur le siège des voitures ainsi que de la carboxyhémoglobinémie chez des conducteurs non fumeurs (10) montrent que ceux-ci sont beaucoup plus imprégnés ( 18 ) que les cyclistes ( 10 ).

Bien qu'aucune statistique ne le prouve, beaucoup d'autoeurs pensent que l'oxyde de carbone est responsable d'accidents, normalement imputés soit à la fatigue soit à l'inattention du conducteur. Donc la ventilation dans une voiture s'avère être un problème non négligeable.

Expérimentalement, la présence de carboxyhémoglobine dans le sang des conducteurs s'est révélée dangereuse. Des enquêtes faites lors d'accidents automobiles ont d'ailleurs montré qu'il était généralement impossible de dissocier les facteurs oxycarbonés, tabagiques, et alcooliques ( 43 ).

Dans le cadre de l'hygiène du travail, des taux limite de CO ont été proposés pour des ouvriers exposés au risque oxycarboné 8 heures par jour et 5 jours par semaine, mais ils sont variables d'un pays à l'autre. A l'heure actuelle ces M.A.C. sont :

- 50 ppm ( 55 mg ) aux U.S.A. depuis 1970 ( 32 ) et en Grande Bretagne ( 59 ), mais seulement,
- 18 ppm ( 20 mg ) en U.R.S.S. ( 59 ).

DUBOIS a proposé divers seuils de la teneur atmosphérique en oxyde de carbone : dans des cas exceptionnels ( 79 ) pour des sujets en parfaite santé ( militaires, pompiers ) :

- 1.500 ppm pendant 10 minutes et
- 200 ppm pendant 24 heures,

par contre pour une population industrielle :

- 100 ppm pendant 8 heures
- 50 ppm pour un travail de 40 h/semaine
- 25 ppm pour 40 jours passés dans un sous-marin
- 15 ppm pour des cosmonautes.

De nombreux travaux ont porté sur l'étude des effets de petites concentrations d'oxyde de carbone chez l'homme et les animaux ( 37 ). Dans certains cas, les résultats de l'expérimentation chronique sont parfois difficiles à mettre en évidence. Cependant CLAUDE ( 25 bis ) signale l'influence encore réelle de l'oxyde de carbone au taux de 100 ppm sur l'organisme animal. Il remarque, chez des animaux exposés à 100 ppm de CO, le caractère de poison des enzymes de l'oxyde de carbone mis en valeur par l'inhibition de l'hémoglobinogénèse, la diminution de la fonction thyroïdienne et de la fixation de  $I^{131}$  et une nette inhibition de la croissance pondérale du jeune ( lapin et rat ).

Pour des auteurs américains, une pollution de 10 ppm. d'oxyde de carbone entraîne une augmentation dans la mortalité des personnes hospitalisées pour infarctus du myocarde ( 8 ). Un taux de 2 % de carboxyhémoglobine provoque une diminution de la visibilité et une baisse de l'acuité des réflexes ( 8 ).

Le Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris a défini diverses échelles de pollution ( Tableau 3 ). Le seuil de 30 ppm a été retenu comme niveau sérieux, car il correspond pour un homme sain soumis indéfiniment à une telle concentration, à la formation de 4,8 % de carboxyhémoglobine, qui est la moitié de la quantité provoquant des troubles chez les individus prédisposés.

**Tableau 3 — Niveau de pollution et niveaux d'imprégnation oxycarbonée.**  
( Laboratoire central de la Préfecture de Police ).

| Niveau de pollution    | Teneur moyenne de de l'air en oxyde de carbone ( ppm ) | Teneur du sang en carboxyhémoglobine à l'équilibre ( % ) | Niveau d'imprégnation oxycarbonée                                    |
|------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| négligeable . . . . .  | de 0 à 5 . . . . .                                     | 0 à 0,8                                                  | modéré<br>notable<br>sérieux<br>assez élevé<br>élevé<br>très sérieux |
| faible . . . . .       | de 5 à 10 . . . . .                                    | 0,8 à 1,6                                                |                                                                      |
| modéré . . . . .       | de 10 à 20 . . . . .                                   | 1,6 à 3,2                                                |                                                                      |
| notable . . . . .      | 20 à 30 . . . . .                                      | 3,2 à 4,8                                                |                                                                      |
| sérieux . . . . .      | 30 à 40 . . . . .                                      | 4,8 à 6,4                                                |                                                                      |
| assez élevé . . . . .  | 40 à 50 . . . . .                                      | 6,4 à 8,0                                                |                                                                      |
| élevé . . . . .        | 50 à 60 . . . . .                                      | 8,0 à 9,6                                                |                                                                      |
| très sérieux . . . . . | > 60                                                   | supérieur à 9,6                                          |                                                                      |

Cette terminologie ne peut toutefois s'appliquer à des prélèvements isolés et n'est valable que pour la moyenne d'un grand nombre de prélèvements.

A l'heure actuelle une surveillance toute particulière est exercée et elle doit l'être dans les passages et parkings souterrains, les tunnels et les garages. Le Conseil d'Hygiène et de Salubrité du département de la Seine (68bis) a fixé dès novembre 1966 les normes de qualité d'air ambiant à respecter dans les garages et parkings souterrains :

- la teneur moyenne de l'atmosphère en CO, calculée pour toute période de 8 heures consécutives, ne doit pas dépasser 50 ppm.
- les valeurs de pointe, déterminées sur toute période de 10 minutes, doivent être inférieures à 100 ppm.

Pour le tunnel de Saint-Cloud, la circulation stoppée à 250 ppm, reprend lorsque la ventilation a ramené la concentration au-dessous de 200 ppm.

Actuellement, aucun pays ne donne des chiffres identiques quant à la concentration maximum admissible d'oxyde de carbone dans l'atmosphère ( 4 ). Les autorités californiennes ont distingué trois degrés dans la pureté de l'air ( 69 ) ( Tableau 4 ).

- un niveau « gêne et inconfort » ( adverse level ) qui entraîne irritation sensorielle, des dommages à la végétation, une réduction de la visibilité.
- un niveau sérieux ( serious level ) responsable des altérations des fonctions corporelles pouvant induire des maladies chroniques.
- un niveau alerte ( emergency level ) provoquant des maladies aiguës et même la mort de personnes sensibles ou prédisposées.

Tableau 4 - ( 32 ) Seuils de pollution dans l'environnement pour l'oxyde de carbone ( normes ou guides ) en ppm.

| Etat                      | Description    | Moyenne en ppm | Durée correspondant à la moyenne |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------------------------|
| Californie<br>Los Angeles | niveau sérieux | 30             | 8 h.                             |
|                           |                | 120            | 1 h.                             |
|                           | 1ère alerte    | 100            | 1 h.                             |
|                           |                | 200            | 30 mn.                           |
|                           |                | 300            | 10 mn.                           |
|                           | 2e alerte      | 100            | 2 h.                             |
|                           |                | 200            | 1 h.                             |
|                           |                | 300            | 20 mn.                           |
|                           | 3e alerte      | 200            | 2 h.                             |
|                           |                | 300            | 1 h.                             |
| U.R.S.S.                  |                | 0,8            | 24 h.                            |

Les mesures d'oxyde de carbone réalisées en milieu urbain donnent des résultats variant de quelques ppm à plusieurs centaines de ppm. Mais, d'année en année le taux moyen d'oxyde de carbone auquel la population est soumise s'élève.

### c ) Hydrocarbures.

Normalement, l'atmosphère ne doit pas contenir d'hydrocarbures si ce n'est au voisinage des nappes pétrolifères et des marais. En fait, la présence d'hydrocarbures est unanimement reconnue dans l'atmosphère des agglomérations urbaines :

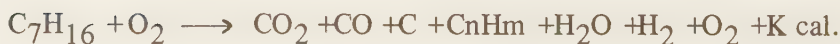
- hydrocarbures légers
- hydrocarbures volatiles
- hydrocarbures lourds.

Les hydrocarbures légers proviennent non seulement de l'évaporation des produits pétroliers au niveau des réservoirs des raffineries ( 25 ) mais aussi et surtout de la combustion incomplète ( 45 ) de la houille des foyers domestiques et industriels ( 38 ), ainsi que de l'essence des moteurs des véhicules automobiles et des avions ( 32 ). C'est la raison pour laquelle on les a appelés « imbrûlés ». La qualité, la quantité de ces imbrûlés présents dans les gaz d'échappement des véhicules automobiles sont fonction des caractéristiques du moteur et de son régime ( 32 ).

Si la combustion était incomplète, on aurait la réaction suivante ( 13 ) :



En fait la combustion est presque toujours incomplète :



L'étude de ces gaz d'échappement a permis de préciser la nature de ces hydrocarbures, notamment dans le cas particulier d'un moteur à explosion tournant à l'arrêt et brûlant un litre d'essence ( 11 ). On a mis en évidence :

- l'anthracène
- le benzanthracène
- le pyrène
- le benzo 3 - 4 pyrène
- le fluoranthène
- le coronène
- un composé non identifié : le composé 409.

Dans l'atmosphère des villes bien d'autres hydrocarbures ont été identifiés :

- le benzo - 3 - 4 - phénanthrène ( 83 )
- le di benzo 1 - 2 - 3 - 4 anthracène ( 83 )
- le benzo 2 - 3 fluoranthène ( 83 )
- le benzo 8 - 9 fluoranthène ( 83 )

Le benzo 3 - 4 pyrène a fait l'objet de nombreuses mesures en raison de son caractère cancérigène ( 84, 86 ). Il a été décelé dans de très nombreuses villes : Los Angelès ( 75, 39 ), Cincinnati ( 75 ), Londres ( 92 ), Paris. Les concentrations de ces hydrocarbures sont de 1,3 à 4,5 mcg/100 m<sup>3</sup> avec des valeurs plus élevées l'hiver ( 86 ).

Ce sont les hydrocarbures qui sont considérés comme substance-test de la pollution automobile aux U.S.A. et tout particulièrement à Los Angelès. Les autorités californiennes les ont choisi en raison des particularités climatiques et géographiques de la ville ( vent faible, fort ensoleillement, grand éloignement de l'océan et de la montagne ), et des caractéristiques du parc automobile ( homogénéité, voiture à grosse cylindrée, changement de vitesse automatique ) ( 54, 13, 78, 17, 76 ) : en effet l'association de ces éléments est responsable de la production du fameux smog oxydant de Los Angelès, par contre en Europe la substance test de la pollution automobile est l'oxyde de carbone.

A New York, les incinérateurs ( 10.000 environ ), propres à chaque immeuble, contribuent à l'augmentation du taux des hydrocarbures dans le milieu ambiant.

#### **d ) Aldéhydes.**

En général, ils proviennent de la combustion des matières organiques ( 21 ). Ils ont été mis en évidence dans les « imbrûlés » des gaz d'échappement des véhicules automobiles ( 85 ) et des avions ( 32 ) ainsi que dans les émanations des foyers domestiques, des foyers industriels et des incinérateurs ( 32 ).

La présence d'aldéhydes a été découverte dans l'atmosphère de Los Angelès. L'action de l'ozone sur les hydrocarbures ( 60 ) engendre des composés chimiques ( formaldéhyde, acroléine ) ( 22 ). Les concentrations en aldéhydes peuvent atteindre 1 mg/m<sup>3</sup> ( exprimé en formaldéhyde ) ( 21 ). Ces corps sont responsables de l'irritation des muqueuses de l'oeil, lors de smog oxydant ( 21 ).

### **C - LES COMPOSÉS AZOTÉS.**

#### **a ) Ammoniac.**

L'ammoniac se rencontre normalement en très faible quantité et semble produit par certaines réactions de putréfaction ( 21, 10 ).

La présence possible d'ammoniac dans l'air favorise la transformation de l'anhydride sulfureux en acide sulfurique, et de plus, elle ne doit pas être négligée lors des mesures de l'anhydride sulfureux par dosage acidimétrique car elle est responsable d'erreur par défaut ( 62 ).

**b ) Oxydes d'azote.** Dioxyde d'azote ou Peroxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ )  
 Oxyde nitrique ou monoxyde d'azote (  $\text{NO}$  )  
 ( 19 )

sont des constituants normaux de l'atmosphère. Ils s'y trouvent présents du fait de phénomènes naturels : orages, éruptions volcaniques. Bien qu'il ne soit rigoureusement pas possible de fixer une teneur normale en ces constituants, on peut vraisemblablement estimer que cette dernière est de l'ordre de 0,01 ppm ( 10 à 20 mcg/m<sup>3</sup> ) ( 19, 21 ).

Les concentrations plus élevées en oxyde d'azote mises en évidence au sein des agglomérations urbaines sont imputées aux activités humaines. Ces oxydes proviennent essentiellement des combustions à haute température ( 19, 32 ) tant dans les moteurs à combustion interne que dans les fours de traitements thermiques divers. Des teneurs importantes d'oxyde d'azote sont décelées au voisinage des centrales thermiques, des industries de l'acide nitrique ( fabrique d'engrais ) ( 25 ), de l'industrie du pétrole ( 32 ). Au niveau des gaz d'échappement de véhicules automobiles ( 81, 59, 74, 20 ), leur teneur variant selon le type de moteur ( essence ou diesel ) et selon le régime ( 22, 32 ) : par exemple 1940 ppm ( cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> ) en accélération pour un moteur à essence, contre 863 ppm pour un moteur Diesel fonctionnant au même régime. Les concentrations minimales sont retrouvées pour les deux types de moteurs en décélération ( 32 ).

Le monoxyde d'azote (  $\text{NO}$  ) est le premier corps formé lors de la combustion , a l'air libre, au contact de l'oxygène atmosphérique il s'oxyde en peroxyde d'azote (  $\text{NO}_2$  ) ( 54 ). La présence concomittante de ces deux éléments donne naissance à l'anhydride nitreux (  $\text{N}_2\text{O}_3$  ), constituant essentiel des vapeurs nitreuses ( 63 ).

Dans le contexte particulier de la ville de Los Angeles ces oxydes d'azote conduisent à la formation du brouillard oxydant, ou « smog oxydant ».

Par réaction photochimique le peroxyde d'azote donne naissance à de l'oxyde nitrique et de l'ozone :



cette réaction serait équilibrée par la réaction inverse ,



si des composés organiques imbrûlés des gaz d'échappement ne se combinaient à NO pour former des nitrates de peracétyl (P A N ).

Une atmosphère de smog oxydant est pauvre en peroxyde d'azote et oxyde azotique, mais riche en nitrate de peracétyl et en ozone ( 54, 85 ). Le peroxyde d'azote est accusé de colorer l'atmosphère en brun rougeâtre, d'absorber une partie du spectre de la lumière blanche et par conséquent de diminuer la visibilité des objets .

Les oxydes d'azote ont une toxicité propre très élevée. Ils seraient dix à vingt fois plus nocifs ( 22, 60 ) que l'oxyde de carbone ; NO<sub>2</sub> est quatre fois plus toxique que NO ( 54 ). La concentration maximum admissible ( M.A.C. ) des hygiénistes américains est fixée à 5 ppm ou 9 mg/m<sup>3</sup> exprimés en peroxyde d'azote ( 32 ). ( Tableau 5 ).

Tableau 5 - Seuils de pollution dans l'environnement pour l'oxyde - d'azote ( normes ou guides ).

|                                  | une<br>Mesure<br>en ppm. | Moyenne<br>en ppm. | Durée correspondant<br>à la moyenne<br>en heure |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------------------------------|
| Californie :                     |                          |                    |                                                 |
| Los Angelès                      |                          |                    |                                                 |
| 1ère alerte                      | 3                        | —                  | —                                               |
| 2e alerte                        | 5                        |                    |                                                 |
| 3e alerte                        | 10                       |                    |                                                 |
| U.R.S.S. : NO et NO <sub>2</sub> | 0,18                     | 0,06               | 24 heures                                       |
| Allemagne : NO <sub>2</sub>      | 1,0                      | 0,50               | 30 mn.                                          |

En raison de leur toxicité, les responsables de la pollution atmosphérique semblent se préoccuper de plus en plus de ces polluants. On est en droit de penser que la détection des oxydes d'azote sera systématique dans les années à venir. Des mesures journalières ont déjà été effectuées dans la région de Lacq ( 6 ). Une augmentation très nette de la pollution par le peroxyde d'azote (  $\text{NO}_2$  ) a été constatée à Paris depuis 1956. Les valeurs relevées sur le quai Saint Bernard en 1969 sont parfois 10 à 35 fois plus élevées que celles de 1956 et 1961 et correspondent à la croissance du parc automobile et au développement des foyers domestiques et industriels. Les valeurs journalières sont variables : faibles ( 0,1 à 1  $\text{mcg}/\text{m}^3 < 0,0005 \text{ ppm}$  ) moyennes ( 1 à 10  $\text{mcg}/\text{m}^3 : 0,0005 \text{ à } 0,005 \text{ ppm}$  ). Parfois élevées ( 34,5  $\text{mcg}/\text{m}^3 : 0,020 \text{ ppm}$  ) ( 80 bis ). Des teneurs de 0,7 à 4 1  $\text{ppm}$  ont été enregistrées à Tokyo ( 57 ).

### **c ) Nitrate de péracyle ou PAN.**

Dans la région de Los Angelès un nouveau type de composé a été découvert, de formule générale  $\text{R} - \text{CO} - \text{OO} - \text{NO}_2$ , le nitrate de péracyle ou PAN. Il est la résultante de l'action de l'ozone et des oxydes d'azote sur les hydrocarbures à forte concentration. Le PAN est caractéristique du smog oxydant de Los Angelès, il a été signalé dans d'autres lieux ( Golfe de Gènes, Pays-Bas ). Le nitrate de péracyle est également présent dans les gaz d'échappement des véhicules automobiles à une concentration de 1  $\text{mg}/\text{m}^3$  il est irritant pour les muqueuses de l'oeil mais aussi pour les feuilles des végétaux ( 19, 21 ). Ces dernières prennent une teinte brune, mor-dorée.

## D - LES POLLUANTS MINÉRAUX DIVERS.

### a ) Fluor :

Le fluor n'est jamais rencontré dans l'atmosphère à l'état libre, il se trouve sous forme de composés solides ou gazeux, essentiellement au voisinage de certaines industries ( 19 ).

La fabrication d'engrais tels que les superphosphates qui contiennent presque toujours l'élément fluor, sous forme de complexe minéral ( en moyenne 1 % ), entraînant la libération d'acide fluorhydrique et de fluorure acide de silicium (  $H_2 Si F_6$  ) ( 32 ).

La pollution fluorée est très importante dans la vallée de la Maurienne ( 5 ) où sont installées les industries fabriquant de l'aluminium par électrolyse et dans la vallée de l'Ariège. L'incorporation à la bauxite ( AL 203 ) ( minerai de l'aluminium ) d'un fondant, la cryolite ( fluorure double d'aluminium et de sodium ) est responsable des émanations gazeuses d'acide fluorhydrique ( 32 ) qui en présence de vapeur d'eau, se transforment en aérosols. ( 1 ).

Les aérosols d'acide fluorhydrique se fixent directement sur les végétaux, alors que les poussières fluorées se déposent sur les feuilles. Les animaux nourris avec un fourrage contaminé présentent les symptômes caractéristiques de la fluorose ( 84, 32 ). Les abeilles butinant les fleurs mellifères de ces vallées, les vers à soie nourris avec des feuilles de murier cueillies dans ces régions ( 42 ) sont atteints de fluorose ( 32 ).

Des altérations profondes des résineux de la vallée de la Maurienne sont également provoquées par la toxicité du fluor ( 5 ) La sensibilité des plantes à l'acide fluorhydrique est très élevée ; des concentrations de l'ordre de 0,02 ppm ont une influence non négligeable ( 19 )

## **b ) Plomb :**

Le plomb est trouvé dans l'atmosphère sous forme d'oxydes et de chlorures ( 21, 22 ). Ses sources essentielles sont les mélanges antidétonnants à base de :

- plomb tétra-éthyle
- plomb tétra-méthyle ou
- plomb triméthyléthyle ( 54 )

ajoutés à l'essence dans les proportions de 0,3 à 0,8 p. mille afin d'en augmenter l'indice d'octane ( 32 ) et d'en favoriser le stockage ( 54 ). Aux U.S.A., la contamination de l'atmosphère par le plomb a été estimée pour 1968, comme étant due pour 96,4 % à la consommation de carburants renfermant du plomb tétraéthyle (82).

L'éthyl fluid qui est un des additifs les plus utilisés, est constitué par un mélange de plomb tétra-éthyle, de chlorure et de bromure d'éthylène et d'huile Halovax ( 77 ).

Ces additifs sont éjectés des moteurs, à raison de 75 %, sous forme de particules dont les plus lourdes se déposent sur les abords immédiats des voies de circulation ( 10 mètres ) et les plus légères s'étalent jusqu'à 100, 200 et 300 m de distance. Une expérience réalisée en Suisse montre que l'accumulation des composés du plomb dans les végétaux, en bordure des autoroutes, n'est pas négligeable ( 93 ) : sur les herbages, des teneurs de 50 à 100 ppm. de plomb dans la matière sèche, ont été relevées, alors que l'Association Européenne du Marché Commun a proposé en 1965 comme maximum admissible un contenu en plomb de 10 ppm dans la matière sèche de la ration fourragère totale des animaux ( 93 ). A 200 ou 300 m. ces auteurs trouvent encore des taux de 4 à 5 ppm de plomb.

Toutefois, il faut reconnaître que les conditions météorologiques jouent un rôle dans la pollution des cultures par le plomb. La pluie réalise à la fois un lavage de l'atmosphère évitant ainsi la diffusion des particules et favorisant leurs précipitations au sol, et

un nettoyage des feuilles de végétaux éliminant 30 à 65 % du plomb initial qui s'y trouvait sous forme de dépôts superficiels. Des dosages ont été effectués dans l'air des villes : les valeurs maxima relevées pendant 1 heure à Paris atteignent 10 à 14 microgrammes par m<sup>3</sup> ( 22, 82 ). Des études plus récentes montrent l'élévation progressive de la concentration en plomb de l'atmosphère des agglomérations et des autoroutes ( 5 ). Depuis juillet 1971 les taux moyens relevés aux six portes de Paris sont de l'ordre de 1,20 à 4,27 mcg/m<sup>3</sup>. A Zurich, depuis sept ans, l'augmentation est de 41 %.

Le plomb est un toxique cumulatif qui provoque des intoxications à long terme sévères. Il est retrouvé dans les urines après une exposition à une concentration de 1 à 2 mcg/m<sup>3</sup> pendant 24 heures ( 72 ).

DEQUIDT et ses collaborateurs ( 31 ) ont décelé les symptômes d'une intoxication saturnine chez des écoliers fréquentant une école implantée à proximité d'une usine de traitement du plomb.

Les normes américaines ou M.A.C. concernant ce polluant sont les suivantes ( 32 ) :

|                      |                         |                        |
|----------------------|-------------------------|------------------------|
| - plomb              | 0,2 mg/m <sup>3</sup>   | 200 mcg/m <sup>3</sup> |
| - plomb tétraéthyle  | 0,075 mg/m <sup>3</sup> | 75 mcg/m <sup>3</sup>  |
| - plomb tétraméthyle | 0,075 mg/m <sup>3</sup> | 75 mcg/m <sup>3</sup>  |

alors que pour l'U.R.S.S. les normes retenues sont vingt fois plus faibles :

|                     |                                                   |
|---------------------|---------------------------------------------------|
| - plomb             | 0,01 mg/m <sup>3</sup> ( 10 mcg/m <sup>3</sup> )  |
| - plomb tétraéthyle | 0,005 mg/m <sup>3</sup> ( 5 mcg/m <sup>3</sup> ). |

Bien que les concentrations en plomb de l'atmosphère soient très éloignées de celles imposées par les hygiénistes américains ou russes, des études récentes, des méthodes de dosage plus fines font penser que ce polluant peut avoir une influence néfaste sur la santé des hommes. Les Américains ont voté une loi interdisant l'emploi d'additifs à base de plomb, la mise en application est prévue pour l'année 1975.

## **E - LES PARTICULES SOLIDES.**

### **Poussières — fumées — Aérosols.**

L'atmosphère contient toujours, en proportions variables, des corpuscules : poussières, fumées, aérosols.

Les poussières - particules organiques ou inorganiques, colorées ou non - de densité supérieure à celle de l'air, se déposent sur le sol par gravimétrie.

Les poussières présentes sur la terre ont des sources très différentes. On distingue :

#### **- celles qui sont d'origine naturelle**

- poussières extra-terrestres ( 6.000 tonnes par jour )
- poussières nées des phénomènes naturels ( 42 ).

#### **- celles qui sont causées par l'activité humaine :**

- les foyers domestiques
- les incinérateurs d'ordures ménagères individuels ou collectifs
- l'incendiation spontanée et non contrôlée des dépôts d'ordures.
- les véhicules automobiles ( gaz d'échappement, amiante des freins, pneu, route ) ( 81, 32 ).
- les avions
- les industries et plus particulièrement
  - les aciéries ( 1 % de la production )
  - les fonderies de métaux ferreux
  - les centrales thermiques
  - les cimenteries
  - les cockeries.

L'émission des poussières est souvent considérable dans les agglomérations urbaines. Celles, dont la taille est comprise entre  $0,4$  et  $0,8 \mu$  sont responsables de la formation des brumes et des brouillards qui les surplombent, et par conséquent de l'abaissement de l'ensoleillement. La dégénérescence des arbres, des plantes dans les villes est également due aux poussières chargées de matières grasses ( trace de pétrole ) parcequ'elles adhèrent très fortement aux surfaces, abstruent les stomates, et donc, inhibent les échanges respiratoires et la photosynthèse ( 17 ).

Les fumées sont des suspensions de particules solides ( poussières minérales, cendres volantes, ou suie ). Toutes les combustions incomplètes, notamment au niveau des gaz d'échappement des moteurs diesels en libèrent.

Les aérosols sont des particules liquides ; la fumée de cigarettes est un aérosol typique de micro gouttelettes de produits complexes ( 21 ).

## **F - LES ODEURS.**

Parallèlement à la pollution chimique, très souvent invisible et inodore, relativement bien connue, il existe des produits malodorants, aisément détectés par l'odorat, mais beaucoup plus rarement identifiés chimiquement.

Les décharges publiques où se consomment de façon épisodique les ordures, libèrent des odeurs nauséabondes. Certaines industries, telles les équarrissages, les tanneries, les papeteries ou l'industrie chimique ( Commentry, etc ... ) émettent des odeurs caractéristiques tenaces ( 21, 32 ).

Ces substances malodorantes constituent une véritable gêne pour les hommes.

## **G- CONCLUSION.**

Cette énumération des polluants atmosphériques n'a retenu que quelques unes des substances les plus caractéristiques de notre temps et de notre civilisation industrielle. Cette liste est sans doute appelée à se modifier au cours des prochaines années en fonction de l'évolution des sciences, de l'amélioration des techniques de dosage ou d'étude de toxicité plus approfondie.

Cependant, il ne faut pas oublier l'existence dans l'air d'autres types de nuisances : microbes, virus, allergènes dont l'action novice peut être exaltée par la pollution chimique, et le bruit.

## **REMARQUE.**

### **1 ) ETUDE DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT.**

La pollution due à la circulation automobile et aux gaz d'échappement des moteurs est devenue un mal des grandes agglomérations urbaines.

Les gaz d'échappement des moteurs sont le produit de la combustion plus ou moins complète

- de l'essence ou du gas-oil utilisés comme combustibles
- des huiles qui assurent la lubrification du moteur
- des produits comme l'éthyl fluid qui sont ajoutés à l'essence pour améliorer l'indice d'octane ( 58 ).
- de plus, il ne faut pas oublier les produits plus ou moins toxiques provenant des reniflards des carters ( 59 ), du carburateur, du bouchon du réservoir, ( 54 ) des garnitures de freins ( amiante ).

La composition qualitative des gaz d'échappement émise par les moteurs des véhicules automobiles ( 59 ) met en évidence :

- des gaz :
  - . de l'azote résiduel  $N_2$
  - . du gaz carbonique  $CO_2$
  - . de l'oxyde de carbone  $CO$
  - . des oxydes d'azote
  - . de l'anhydride sulfureux  $SO_2$
  - . des hydrocarbures légers

- des produits condensables :

- . de la vapeur d'eau
- . des hydrocarbures brûlés ou imparfaitement brûlés

c'est-à-dire ayant subi un début d'oxydation conduisant à la formation de : ..... d'aldéhydes

d'acides  
de peroxydes

- des produits solides -« les suies » constitués par :

des hydrocarbures de moins en moins riches en hydrogène parmi lesquels le Benzo 3-4 Pyrène, le Benzo anthracène ( 54 ) ont été identifiés

- . du plomb ou ses oxydes
- . des dérivés du phosphore

Mais il est important de noter que la composition des gaz d'échappement varie beaucoup :

- selon la qualité de la combustion ( 58 )
- selon le principe du fonctionnement du moteur (77,74,20 ) )
- selon la composition du combustible ( 54 )
- selon l'utilisation même du moteur ( 74 ).

## Variations de la composition des gaz d'échappement..

- *selon la qualité de la combustion ( 58 ).*

Avec une combustion complète -ce qui dans la pratique est fort rare- on retrouve :

de l'azote ( $N_2$ )

du gaz carbonique ( $CO_2$ )

de la vapeur d'eau

de l'anhydride sulfureux ( 77 ), en quantité négligeable provenant du combustible ( essence ou gas oil ).

En réalité, la combustion est toujours incomplète ; on note la présence ( 77 )

d'oxyde de carbone

de carbure d'hydrogène et d'hydrate de carbone provenant de la vaporisation, de la pyrogénéation et éventuellement d'une oxydation partielle du combustible et de l'huile de graissage.

des suies et des poussières de carbone amorphe ( très abondantes dans le fonctionnement en surcharge des moteurs Diésel ) ( 77 ).

Théoriquement, pour avoir une combustion complète, il faudrait une quantité d'oxygène et de combustible correspondant au mélange stœchiométrique. On obtiendrait alors de la vapeur d'eau et du gaz carbonique mais en fait un excès d'air est nécessaire, la combustion varie selon le type du moteur et les conditions de fonctionnement ( 77 ).

- *selon le principe du fonctionnement du moteur ( 77, 74, 20 ).*

a ) moteur à combustion interne à essence - moteur à explosion.

Le carburant - volatile - est pulvérisé dans l'air avant aspiration, on obtient un mélange plus ou moins hétérogène. Pour avoir une combustion parfaite il faudrait un excès d'air de 5%.

Il est nécessaire que toutes les parties de la charge gazeuse soit riche en combustible ( 77 ). L'inflammation par étincelles après une compression modérée ne se fait qu'avec un excès de carburant responsable de la présence d'oxyde de carbone dans les gaz d'échappement.

b ) moteur à combustion interne type Diesel ( 77 )

L'air aspiré par le cylindre varie peu.

En faible charge la consommation du combustible sera faible l'oxygène sera en excédant, et donc la combustion est parfaite. En conséquence les gaz d'échappement ne contiendront pas d'oxyde de carbone et peu d'imbrûlés.

En surcharge ou en charge maximum, la consommation en combustible sera forte l'oxygène sera en déficit, donc la combustion sera incomplète, les gaz d'échappement seront très polluants.

De part sa conception, le moteur type Diesel est moins polluant que le moteur à explosion.

Les émissions de fumée noire, désagréables sont dues à un fonctionnement défectueux et un mauvais entretien, engageant plus la responsabilité de l'utilisateur que celle du constructeur ( 32 ).

- selon la composition du combustible d'essence ( 77, 54 ).

La quantité d'anhydride sulfureux présente dans le gaz d'échappement est négligeable. D'après les normes intersyndicales, les teneurs en soufre sont de 0,1 % pour l'essence et de 0,3 à 0,4 % pour le gaz oil ( 32 ).

Les additifs à l'essence introduits afin d'améliorer l'indice d'octane et dont les plus utilisés sont à base de plomb tèttraéthyle réduisent les émissions d'oxyde de carbone et d'imbrûlés, mais augmentent la pollution par les composés du plomb ( 54 ). Certains peuvent aussi contenir du manganèse ( 54 ) ou du phosphore ( 77 ).

Actuellement on sait obtenir de l'essence dont l'indice d'octane est élevé sans pour cela ajouter des additifs à base de plomb, mais seulement après l'avoir traité convenablement ( cracking - reforming - alkylation - hydrogénation ) ou par addition

d'alcool  
de benzol  
de cétone  
d'aniline

*- selon l'utilisation même du moteur.-*

La vitesse de rotation est un facteur important quant à l'émission des polluants ( 20 ). La composition des gaz d'échappement est très représentative du type de régime du moteur ( régime de croisière, d'accélération ou décélération ) ( 20 ).

La puissance du moteur Diesel, toutes choses étant égales, est d'autant plus élevée que l'excès d'air est faible, donc les constructeurs essaient de le réduire au maximum. Mais en contre partie la pollution atmosphérique tend à augmenter.

### Comment réduire la toxicité des gaz d'échappement.

*. - pour les moteurs à explosion.*

L'oxyde de carbone est un des polluants les plus important. La façon même de conduire peut agir considérablement sur l'émission de gaz d'échappement. Il suffit pour cela de suivre les conseils du Professeur Henri HEIM DE BALSAC et de Max SER RUY ( 77 ):

- éviter de faire usage du starter quand cela n'est pas indispensable.
- conduire « en souplesse » et éviter d'accélérer à fond et brusquement.

- renoncer à choisir des réglages de carburation anormalement riches et étudiés en vue d'obtenir des performances spectaculaires.

- Et se rappeler que, d'une manière générale, tout gaspillage de carburant est un péché contre l'hygiène.

Depuis quelques années, de nombreux travaux ont été entrepris afin de mettre au point des systèmes, permettant l'épuration des gaz d'échappement.

- certains se posent entre le carburateur et la canalisation d'admission, tel le « régulateur M.S. » ( 77 ). Il favorise l'homogénéité du mélange et donc réduit l'excès du carburant.

Voici les résultats obtenus avec ce système :

a) La teneur en oxyde de carbone dans les gaz brûlés, à pleine admission, se trouve réduite de 65 à 80 % ( particulièrement aux basses vitesses ) et peut même être éventuellement annulée.

b) Les puissances par le moteur sont à peine modifiées.

c) Une amélioration très sensible de la consommation spécifique est réalisée ( 77 ).

- pour les moteurs Diesel.

## 2 méthodes sont conseillées :

### I- Soit par épuration post combustion ( 77 )

Le procédé HOUDRY, mis au point par la Société Oxy-france, repose sur un dispositif d'oxydation catalytique « oxycat ».

Les gaz d'échappement sont dirigés sur des baguettes d'une carémique spéciale, enfermées dans une boîte étanche, soigneusement calorifugée où les imbrulés sont oxydés catalytiquement à partir du moment où la température atteint 300° Celsius. C'est une solution très efficace, lorsque la température des baguettes catalysantes atteint le niveau voulu.

On observe, outre la disparition des imbrûlés, celle d'oxyde de carbone. Les gaz d'échappement, ainsi épurés, ne contiennent qu'un peu de  $\text{SO}_2$ .

2- Soit une épuration par amélioration de la combustion interne au moteur ( 77 ).

L'émission des toxiques est due à la répartition inégale d'un combustible non volatile dans la masse d'air. Pour résoudre ce problème, il faudrait 2 combustibles :

- un premier, se mêlant à l'air aspiré.
- le gas oil arrivant au moment de la combustion ( 77 ).

Mais en recherchant la combustion complète des hydrocarbures, ce qui nécessite un excès d'oxygène dans certaines conditions d'allumage, l'oxygène pourra réagir avec l'azote de l'air et alors on retrouve le vieux procédé de synthèse de l'acide azotique de BIRKELAND et EYDE ( 54 ).

Pour lutter contre les fumées, on fait fonctionner les moteurs en présence d'un fort excès d'air, or, pour réduire la formation des oxydes d'azote, il faudrait le réduire ( 54 ).

## II - LA DÉTERMINATION DES PRINCIPAUX POLLUANTS.

---

Au sein de l'atmosphère, la présence d'un élément ne sera considérée comme dangereuse qu'à partir d'une certaine concentration ; c'est donc reconnaître implicitement l'importance de la détermination des principales nuisances.

La connaissance de la spécificité, de la sensibilité et de la précision des méthodes est nécessaire à la comparaison valable et objective des différents résultats. Les méthodes « manuelles » de plus en plus délaissées au profit des méthodes « automatiques » permettent d'envisager des dosages en continu à la place des prélèvements ponctuels. Ce progrès n'est certes pas négligeable, puisqu'il nous permet de suivre en permanence l'évolution de la pollution.

Nous allons rappeler sous forme de tableaux synoptiques les principales méthodes manuelles et automatiques relatives à certains polluants pré-cités. Ces dosages ayant fait l'objet d'une publication très élaborée par Monsieur le Professeur CHOVIN. ( 19 ).

| Principe                                                                                                                                              | Marche                     | Spécificité                                                                                                                                                         | sensibilité                                                                                                                                | Précision                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Méthode à l'eau oxygénée a<br>acidimétrie<br>$H_2O_2$<br>$SO_2 \xrightarrow{\quad} H_2SO_4$                                                         | manuelle ou<br>automatique | - mesure de " l'acidité forte " non spécifique : interférence des produits acides et alcalins<br>- interférence du bioxyde d'azote<br>- difficilement reproductible | - 2 à 5 mcg/m <sup>3</sup> ( $\neq$ 0,0008 à 0,002 ppm ).<br>La limite inférieure est d'environ 10 mcg/m <sup>3</sup> ( $\neq$ 0,004 ppm ) | $\pm$ 10 % pour des concentrations en SO <sub>2</sub> supérieures à 100 mcg/m <sup>3</sup> ( $\neq$ 0,04 ppm ).<br>$\pm$ 5 % pour des concentrations de 500 mcg/m <sup>3</sup> de SO <sub>2</sub> ( $\neq$ 0,20 ppm ) |
| - Méthode au tétra chloromercure de sodium ( de West et Gaekle )<br>Colorimétrie avec la para-rosaniline                                              | manuelle ou<br>automatique |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                       |
| - Méthode par absorption sur gel de silice<br>Désorption, hydrogénation et colorimétrie avec le molybdate d'ammonium                                  | manuelle                   |                                                                                                                                                                     | 10 mcg/m <sup>3</sup> ( $\neq$ 0,004 ppm )                                                                                                 | $\pm$ 6 % pour une concentration de 500 mcg/m <sup>3</sup> ( $\neq$ 0,20 ppm )                                                                                                                                        |
| - Méthode conductimétrique<br>Oxydation de SO <sub>2</sub> par H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>Appareils allemands<br>- le Wösthoff<br>- le picoflux | automatique                | interférences de l'anhydride sulfurique ( SO <sub>3</sub> ), de l'acide chlorhydrique ( HCl ) et des autres acides                                                  | 40 mcg/m <sup>3</sup> ( $\neq$ 0,02 ppm )                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                       |
| - Méthode coulométrique<br>avec une solution de bromure de potassium ( KB <sub>r</sub> )<br>appareil américain<br>- le Titrllog                       | automatique                | Améliorée par passage de l'air dans un tube absorbant à chlorure mercurique pour l'élimination de l'acide sulfurique et des mercaptans.                             | 40 mcg/m <sup>3</sup> ( $\neq$ 0,02 ppm )                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                       |
| - Méthode colorimétrique au Thoron<br>$H_2O_2$<br>$SO_2 \xrightarrow{\quad} H_2SO_4$                                                                  | automatique                |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                            | 10 mcg/m <sup>3</sup> ( $\neq$ 0,004 ppm ) pour des concentrations supérieures à 100 mcg/m <sup>3</sup> ( $\neq$ 0,04 ppm ) en SO <sub>2</sub>                                                                        |
| - Méthode acétate de zinc pyridine<br>Nitroprussiate de sodium ( 55-8 bis )<br>colorimétrie                                                           | manuelle                   | spécifique                                                                                                                                                          | 2,5 mcg/10 ml de solution de barbotage ( $\neq$ 0,0012 ppm )                                                                               | 3 %                                                                                                                                                                                                                   |

ANHYDRIDE SULFUREUX : exprimé en microgramme par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ) et ppm.

[illegible]

L'OXYDE DE CARBONE : Exprimé en ppm ( parties par million ). ( cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> )

| Principe                                                                                                                                                                                                                                                                        | Spécificité | Sensibilité                                                                       | Précision                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DOSAGE GLOBAL                                                                                                                                                                                                                                                                   |             |                                                                                   |                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- spectrométrie de masse</li> <li>- absorption dans l'infrarouge</li> <li>- ionisation de flamme</li> </ul>                                                                                                                              |             | permet de déceler des teneurs inférieures à 1 ppm.<br>seuil de sensibilité 1 ppm. |                                                                                                  |
| Remarque : ces 2 méthodes donnent des résultats différents sur une même atmosphère                                                                                                                                                                                              |             |                                                                                   |                                                                                                  |
| DOSAGE INDIVIDUEL                                                                                                                                                                                                                                                               |             |                                                                                   |                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- chromatographie en phase gazeuse</li> <li>- couplage de la chromatographie avec d'autres méthodes physiques               <ul style="list-style-type: none"> <li>. infrarouge</li> <li>. spectrométrie de masse</li> </ul> </li> </ul> |             |                                                                                   | 0,2 ppm ( détecteurs à conductibilité thermique<br>0,05 ppm ( détecteurs à ionisation de flamme. |

LES HYDROCARBURES : Exprimés en ppm.

| Principe                                                                                                                      | marche      | Spécificité                          | Sensibilité                                             | Précision |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| - Méthode à l'acide phénol di sulfonique                                                                                      | manuelle    | Oxydes d'azote                       | peu sensible                                            |           |
| - Méthode au 2 - 4 xylénol                                                                                                    | manuelle    | Oxydes d'azote                       | réserve aux émissions<br>même remarque que précédemment |           |
| Méthode de Griess-Ilosvay-Saltzmann = transformation de NO <sub>2</sub> en acide nitreux                                      | manuelle    | Péroxyde d'azote ( NO <sub>2</sub> ) | - valable jusqu'à 2, 5 mcg/<br>m <sup>3</sup>           |           |
| - Méthode de dosage de l'oxyde azotique NO : par différence ( dosage de NO et NO <sub>2</sub> ) ( dosage de NO <sub>2</sub> ) | manuelle    |                                      |                                                         |           |
| - Méthodes dérivés du procédé de Saltzmann                                                                                    | automatique |                                      |                                                         |           |
| Appareils<br>· autoanalyseur Technicon<br>· Beckman                                                                           |             |                                      |                                                         |           |

LES OXYDES D'AZOTE : Exprimés en microgrammes par m<sup>3</sup>.

| Principe                                                                                                                                                                  | Spécificité    | Sensibilité                                                                                         | Précision                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| MESURE DES QUANTITES DE POUSSIERE EN SUSPENSION DANS L'AIR ET FUMÉES ( Exprimées en mcg/m <sup>3</sup> )                                                                  |                |                                                                                                     |                                                                                             |
| - Filtration sur papier filtre et détermination réfractométrique de la teneur en " fumée noire " recueillie sur le papier filtre ( norme AFNOR NF x 43005 juillet 1967 ). | non spécifique | 0, 5 mcg/m <sup>3</sup>                                                                             | Pour 10 <reflectance < 80 :<br>2 à 4 %<br>Reflectance = 90 : 6 %<br>Reflectance = 95 : 13 % |
| - Filtration sur filtres à bourrage de fibres de teflon et pesée du filtre.                                                                                               |                | Fonction de la durée d'aspiration ; après plusieurs heures, on peut déceler 0, 5 mcg/m <sup>3</sup> |                                                                                             |
| - Mesure gravimétrique absolue grâce à l'absorption des rayons $\beta$ par les poussières déposées sur un papier filtre.                                                  |                |                                                                                                     |                                                                                             |
| MESURE DES QUANTITES DE POUSSIÈRES SEDIMENTABLES RETOMBÉES AU SOL<br>Exprimée en g/m <sup>2</sup> /semaine                                                                |                |                                                                                                     |                                                                                             |
| - Méthode des plaquettes ( Vaseline ) fixation des poussières                                                                                                             |                | - déficiente si le climat est pluvieux                                                              | Déviati on standard $\pm$ 6, 8 %                                                            |
| - Méthode des jauges de dépôts                                                                                                                                            |                |                                                                                                     | Déviati on standard $\pm$ 18, 6 %                                                           |

## LES POUSSIÈRES



## **DEUXIEME CHAPITRE**

---

### **Mesure de l'oxyde de carbone, de l'acidité forte et des fumées, dans l'agglomération clermontoise : matériel et méthodes.**

---

Nous nous proposons dans ce travail, de rapporter les résultats des mesures des polluants atmosphériques pour l'agglomération clermontoise qui rassemble environ 200 000 habitants ( Aubière, Aulnat, Beaumont, Ceyrat, Chamalières, Clermont-Ferrand, Royat ). Des déterminations d'oxyde de carbone ont été effectuées régulièrement depuis le premier novembre 1969, alors que celle de l'acidité forte et des fumées n'ont débuté que le premier décembre de la même année. Chaque série de dosage a porté sur une durée de douze mois.

### **I - L'AGGLOMERATION CLERMONTOISE .**

---

#### **A - la situation géographique.**

Elle est située dans un site géographique très particulier. Limité sur trois côtés par une ceinture de collines :

- au sud le plateau de Gergovie ( 744 m )
- à l'Ouest la chaîne volcanique des Puys et des Dômes, au milieu de laquelle se dresse l'imposante masse du Puy-de-Dôme (1458m)
- au Nord les côtes de Clermont ( 600 m ) et le Puy de Chanturgue ( 550 m ).

Elle s'ouvre largement à l'Est sur la plaine de la Limagne ( schéma n° 1 )

COTES DE CLERMONT ( 800 m )



CHAINE DES DOMES  
( 1 450 m )

GERGOVIE ( 744 m )

AULNAY ▲ III  
→

# IMPLANTATIONS DES APPAREILS « S-F1 »

- Poste I — Laboratoire Municipal
- Poste II — Saint-Jacques
- Poste III — Aulnay
- Poste IV — Cité Administrative
- Poste V — Chavallières

# OXYDE DE CARBONE — DIFFERENTS POINTS DE PRELEVEMENTS DANS L'AGGLOMERATION.

- 1 — Laboratoire Municipal
- 2 — Ancienne Préfecture
- 3 — Hôtel de Ville
- 4 — Place Garibaldi
- 5 — Ballombin
- 6 — Place des Carmes
- 7 — Place de la Fontaine
- 8 — Herbet
- 9 — Vieille Saint Jacques
- 10 — Boulevard Lafayette
- 11 — Avenue de France
- 12 — Avenue de Royart
- 13 — Avenue de Royart
- 14 — Place Allard
- 15 — Avenue Thermale
- 16 — Avenue de Villars

SCHEMA N° I

## **B - Les conditions climatiques.**

La situation géographique, la topographie très particulière de la cuvette clermontoise, marquent profondément le climat de l'agglomération : c'est un climat continental renforcé.

- Continental du fait de son éloignement de la mer.
- Renforcé du fait de la présence de la chaîne des Dômes.

La composante « continentale » est responsable des écarts de température : saisonniers ( été - hiver ) et quotidiens ( jour - nuit ) de la faiblesse des précipitations d'ouest, ce qui n'exclut pas de précipitations orageuses en été.

L'élément « renforcé » de notre climat contribue à l'accentuation des faiblesses des pluies par effet de FOEHN. Les précipitations abondantes sur les montagnes, déficitaires à Clermont-Ferrand, augmentent à nouveau à l'est. La masse de la chaîne des Dômes faisant un écran au vent d'ouest, permet l'établissement d'une inversion nocturne, phénomène très fréquent, cause de l'augmentation de la pollution atmosphérique.

Par régime de sud-ouest, ( fréquence annuelle 45 p. mille ) caractérisé par l'effet de Foehn, le vent, le degré de la pollution s'abaisse considérablement du fait de la filtration par les nuages et de la turbulence des masses d'air.

Par opposition au régime de Nord-Est ( fréquence annuelle 30 p. mille ). qui est synonyme de stabilité, de présence d'inversion, le risque de pollution atmosphérique augmente considérablement :

Toutes les mesures des éléments météorologiques nous ont été fournies par la station météorologique de l'aéroport d'Aulnat et par celle du Puy-de-Dôme.

Etant donné leur position excentrique par rapport à la cuvette clermontoise proprement dite, une étude sur le micro climat de l'agglomération serait de la plus grande nécessité, et tout particulièrement celle du régime des vents .

## **II - LE MATÉRIEL ET LES MÉTHODES.**

### **A - L'oxyde de carbone.**

Seize points de la ville ont été systématiquement étudiés dont quatre seulement pendant six mois à partir du 12 mai 1970 ( points n° 13 - 14 - 15 - 16 ) ( schéma n° 1 ). Les mesures ont été effectuées régulièrement les cinq premiers jours de la semaine ; d'autres ont été en outre faits le samedi et le dimanche. Soit au total : 3.560 prélèvements.

Les conditions identiques d'expérience ont été scrupuleusement respectées :

- lieu
- heure ( entre 14 h et 15h 30 )
- mode de prélèvement ( bouteilles remplies d'eau, vidées à hauteur de visage, c'est-à-dire à 1,60 m du sol.

Après transport immédiat au laboratoire les dosages d'oxyde de carbone sont réalisés avec un analyseur de gaz, à absorption de rayonnement infra-rouge, type ONERA-80. Cette méthode a été retenue parce que, très sensible, elle permet de déterminer, avec précision, de très faibles teneurs de ce polluant ( 19 ) . Les taux d'oxyde de carbone sont exprimés en ppm ( parties par million ), c'est-à-dire  $\text{cm}_3$  par  $\text{m}_3$ .

## **B - L'acidité forte ( anhydride sulfureux ) et les fumées.**

L'appareil de type SF<sub>1</sub> est pratiquement le seul à être utilisé en France.

Cinq appareils ont été disposés dans l'agglomération clermontoise, au cours des douze mois d'expérience, à des endroits où les niveaux de pollution nous semblaient devoir être différents (schéma n° 1 ) ( 2 ).

- poste I : Laboratoire Municipal 3ème étage ( au centre de la ville ).
- poste II : Saint-Jacques 3ème étage (Laboratoire de Bactériologie et d'hygiène - Faculté de Médecine, à la périphérie ).
- poste III : Aulnat - rez- de chaussée ( station météorologique de l'aéroport, en grande banlieue ).

Ces trois postes ont fonctionnés dès le premier décembre 1969.

- poste IV : Cité administrative - 1er étage ( Services Vétérinaires, à la périphérie ) à partir du 23 mars 70.
- poste V : Chamalières ( 1er étage ) ( Caserne des sapeurs pompiers ) à partir du 15 juillet 1970.

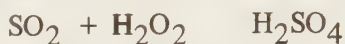
Description d'un appareil S-F 1 ( soufre-fumées ) ( 30 ).

Une pompe aspire de l'air par l'intermédiaire d'une prise d'air située dans le milieu ambiant à étudier. L'air traverse tout d'abord un filtre qui retient les « fumées » ( poussières et suies ), puis va barboter dans une solution d'eau oxygénée de pH ajustée à 4,5. Enfin un compteur enregistre le volume d'air ( de l'ordre de 2 m<sup>3</sup> d'air pendant 24 heures ).

Chaque jour à la même heure : ( 2 ).

- on note le volume d'air,
- on change le filtre et on renouvelle la solution d'eau oxygénée.

L'anhydride sulfureux est oxydé en acide sulfurique selon le schéma de la réaction :



L'acidité est déterminée par un dosage volumétrique avec de la soude N/100 en présence de duplex R.V. ( rouge de méthyle et vert de Bromocrésol ).

Cette méthode présente l'inconvénient de n'être pas spécifique, elle mesure non pas l'anhydride sulfureux, mais l'acidité totale appelée « acidité forte ». Le résultat peut être entaché d'une erreur, soit par défaut, en raison de la présence de composés alcalins ( ammoniac ), soit par excès, en raison de la présence de traces d'autres composés acides ( 19 ). La valeur de cette acidité forte est exprimée souvent en anhydride sulfureux (  $\text{SO}_2$  ) soit en microgramme ( mcg ) ou milligramme ( mg ) par  $\text{m}^3$  d'air, soit en centimètres cubes par  $\text{m}^3$  d'air ou partie par million ( ppm ). 1 ppm de  $\text{SO}_2$  correspond à 2,6 mg ou 2 600 mcg. La précision est de plus ou moins 10 % pour les concentrations de l'acidité supérieures à 100 mcg/ $\text{m}^3$ . ( 16 ).

La filtration est utilisée pour évaluer l'importance de la teneur en poussière en suspension dans l'atmosphère, ( fumées ) c'est-à-dire les particules dont le diamètre est inférieur à 5 microns environ. Cette dimension correspond à la dimension maximum des particules qui peuvent pénétrer dans les avéoles, atteindre le parenchyme pulmonaire, et, si elles sont solubles se répandre dans le sang par l'intermédiaire des liquides superficiels et interstitiels des tronc pulmonaires.

Les fumées dont la teneur est exprimée en milligramme ( mg ) ou en microgrammes ( mcg ) par mètre cube (  $\text{m}^3$  ) d'air (16). sont évaluées par réflectométrie de la plage noire des filtres par comparaison avec le papier vierge: La teinte de la tache est alors traduite en termes de teneur en fumée, au moyen d'une courbe d'étalonnage.

Cette courbe est effectuée en fonction d'une fumée normalisée équivalente, définie arbitrairement. La nature de la matière, constituant la fumée, varie d'un endroit à l'autre, et au même endroit se modifie avec le temps ( 19 ). La précision de l'ordre de 2 à 4% pour des réflectances, comprises entre 10 et 80, diminue considérablement au fur et à mesure que celles-ci s'élèvent ( 19 ).

---



### CHAPITRE III

---

#### Mesures de l'oxyde de carbone, de l'acidité forte et des fumées dans l'agglomération clermontoise : résultats et discussion.

---

#### A - OXYDE DE CARBONE.

*a ) moyenne annuelle : ( tableau 6 )*

*b ) moyenne semestrielle : moyenne hivernale et estivale \*  
( tableau 7 )*

*c ) moyenne mensuelle : ( tableaux 8 et 9 )*

*d ) moyenne hebdomadaire : ( tableaux 10 et 21 ).*

*e ) valeurs maximales relevées à chaque poste : ( tableau 22 ).*

N.B.\* - L'année a été divisée arbitrairement en deux périodes : une hivernale : ( octobre, novembre, décembre, janvier, février et mars ), une estivale ( avril, mai, juin, juillet, août, septembre ).

La moyenne générale des teneurs en oxyde de carbone de 3.560 prélèvements est de 13,15 ppm. Mais les moyennes ne reflètent pas exactement le degré de la pollution atmosphérique : les valeurs maximales l'augmentent artificiellement alors que les minimales ont un effet moindre. Il serait beaucoup plus intéressant d'étudier la fréquence des taux d'oxyde de carbone relevés ( tableau 23 ). Les dernières études réalisées à Bordeaux ( 28 ) et à Paris (23) montrent bien cette nouvelle tendance.

---

TABLEAU 6

|                          | Année 1970 |
|--------------------------|------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 9,07       |
| 2- Ancienne Préfecture   | 16,63      |
| 3- Hôtel de Ville        | 19,85      |
| 4- Place Gaillard        | 20,39      |
| 5- Bellombre             | 7,68       |
| 6- Place des Carmes      | 15,70      |
| 7- Place de la Fontaine  | 12,34      |
| 8- Herbet                | 18,44      |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 10,96      |
| 10- Boulevard Lafayette  | 13,29      |
| 11- Jeanne d'Arc         | 11,85      |
| 12- Banque de France     | 25,46      |
| 13- Avenue de Royat      | 15,10      |
| 14- Place Allard         | 7,60       |
| 15- Avenue Thermale      | 3,14       |
| 16- Avenue de Villars    | 2,98       |
| Moyenne générale         | 13,15      |

OXYDE DE CARBONE : Moyennes annuelles par poste exprimées en ppm.

TABLEAU 7

|                               | Moyenne<br>Hivernale | Moyenne<br>Estivale |
|-------------------------------|----------------------|---------------------|
| 1- Laboratoire Municipal      | 11,21                | 6,93                |
| 2- Ancienne Préfecture        | 22,88                | 10,38               |
| 3- Hôtel de Ville             | 26,51                | 13,10               |
| 4- Place Gaillard             | 27,08                | 13,61               |
| 5- Bellombre                  | 12,03                | 3,33                |
| 6- Place des Carnes           | 21,13                | 10,28               |
| 7- Place de la Fontaine       | 16,93                | 7,76                |
| 8- Herbet                     | 22,38                | 14,51               |
| 9- Saint-Jacques Viaduc       | 16,05                | 5,88                |
| 10- Boulevard/Lafayette       | 19,48                | 7,11                |
| 11- Jeanne d'Arc              | 17,71                | 5,90                |
| 12- Banque de France          | 33,95                | 16,98               |
| 13- Avenue de Royat           | 21,4                 | 8,8                 |
| 14- Place Allard              | 9,0                  | 6,2                 |
| 15- Avenue Thermale           | 3,4                  | 2,88                |
| 16- Avenue de Villard         | 3,2                  | 2,76                |
| Moyenne semestrielle générale | 17,77                | 8,52                |

OXYDE DE CARBONE : Moyennes semestrielles par poste  
hivernale et estivale exprimées en ppm.

TABLEAU 8

|                                                | Oct<br>70 | Nov<br>69 | Déc.<br>69 | Janv.<br>70 | Fév.<br>70 | Mars<br>70 |
|------------------------------------------------|-----------|-----------|------------|-------------|------------|------------|
| 1- Laboratoire Municipal                       | 6,9       | 13,0      | 13,8       | 16,6        | 9,0        | 8,0        |
| 2- Ancienne préfecture                         | 20,4      | 27,9      | 35,8       | 28,2        | 14,6       | 10,4       |
| 3- Hôtel de Ville                              | 17,9      | 21,7      | 35,8       | 46,4        | 22,2       | 15,1       |
| 4- Place Gaillard                              | 26,7      | 21,6      | 38,6       | 46,0        | 13,0       | 16,6       |
| 5- Bellombre                                   | 3,5       | 11,3      | 22,9       | 21,9        | 9,6        | 3,0        |
| 6- Place des Carmes                            | 18,9      | 23,9      | 32,0       | 34,1        | 13,1       | 4,8        |
| 7- Place de la Fontaine                        | 7,7       | 18,1      | 29,0       | 27,0        | 14,8       | 5,0        |
| 8- Herbet                                      | 12,1      | 19,3      | 33,4       | 35,5        | 21,7       | 12,3       |
| 9- Viaduc Saint-Jacques                        | 9,9       | 16,0      | 28,7       | 25,9        | 10,8       | 5,0        |
| 10- Boulevard Lafayette                        | 19,8      | 17,8      | 29,5       | 28,0        | 13,0       | 8,8        |
| 11- Jeanne d'Arc                               | 17,7      | 15,9      | 28,6       | 26,5        | 12,6       | 5,0        |
| 12- Banque de France                           | 39,7      | 29,9      | 47,8       | 49,3        | 16,9       | 20,1       |
| 13- Avenue de Royat                            | 21,4      |           |            |             |            |            |
| 14- Place Allard                               | 9,0       |           |            |             |            |            |
| 15- Avenue Thermale                            | 3,4       |           |            |             |            |            |
| 16- Avenue de Villars                          | 3,2       |           |            |             |            |            |
| Moyenne mensuelle générale (période hivernale) | 14,88     | 19,70     | 31,32      | 32,11       | 14,27      | 9,50       |

OXYDE DE CARBONE - HIVER : Moyennes mensuelles par poste exprimées en ppm.

TABLEAU 9

|                                                  | Avril<br>70 | Mai<br>70 | Juin<br>70 | Juil.<br>70 | Août<br>70 | Sept.<br>70 |
|--------------------------------------------------|-------------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|
| 1- Laboratoire Municipal                         | 6,9         | 5,5       | 11,2       | 7,6         | 5,0        | 5,4         |
| 2- Ancienne Préfecture                           | 12,6        | 7,2       | 11,5       | 7,5         | 8,8        | 14,7        |
| 3- Hôtel de Ville                                | 13,4        | 17,1      | 12,5       | 13,1        | 11,2       | 11,3        |
| 4- Place Gaillard                                | 16,7        | 11,9      | 15,6       | 7,0         | 15,2       | 15,3        |
| 5- Bellombre                                     | 7,0         | 4,2       | 1,9        | 1,9         | 4,5        | 1,3         |
| 6- Place des Carmes                              | 11,1        | 9,7       | 8,3        | 10,7        | 9,8        | 12,1        |
| 7- Place de la Fontaine                          | 11,0        | 4,4       | 11,0       | 6,2         | 5,7        | 8,3         |
| 8- Herbet                                        | 15,3        | 13,5      | 13,6       | 23,8        | 11,2       | 9,7         |
| 9- Viaduc Saint-Jacques                          | 9,4         | 6,4       | 5,2        | 2,6         | 6,9        | 4,8         |
| 10- Boulevard Lafayette                          | 12,0        | 6,6       | 6,3        | 3,9         | 7,2        | 6,7         |
| 11- Jeanne d'Arc                                 | 11,5        | 6,1       | 5,5        | 2,4         | 4,1        | 5,8         |
| 12- Banque de France                             | 17,6        | 15,2      | 16,2       | 13,4        | 12,2       | 27,3        |
| 13- Avenue de Royat                              |             | 4,5       | 11,1       | 7,2         | 9,2        | 12,0        |
| 14- Place Allard                                 |             | 4,4       | 5,1        | 4,9         | 6,9        | 9,7         |
| 15- Avenue Thermale                              |             | 3,4       | 4,1        | 1,4         | 1,3        | 4,2         |
| 16- Avenue de Villars                            |             | 2,4       | 2,5        | 2,2         | 2,0        | 4,7         |
| Moyenne mensuelle générale ( période estivale ). | 12,04       | 7,65      | 8,85       | 7,23        | 7,57       | 9,58        |

OXYDE DE CARBONE - " ETE " : Moyennes mensuelles par poste exprimées en ppm.

T A B L E A U 10

Novembre 1969

|                          | 1re semaine<br>du 3 au 7 | 2e semaine<br>du 12 au 14 | 3e semaine<br>du 17 au 21 | 4e semaine<br>du 24 au 28 |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 14, 6                    | 11, 0                     | 10, 0                     | 15, 6                     |
| 2- Ancienne Préfecture   | 23, 2                    | 18, 3                     | 16, 8                     | 49, 6                     |
| 3- hôtel de Ville        | 26, 0                    | 34, 7                     | 17, 4                     | 13, 8                     |
| 4- Place Gaillard        | 21, 4                    | 24, 3                     | 23, 4                     | 18, 4                     |
| 5- Bellombre             | 11, 4                    | 10, 0                     | 12, 4                     | 10, 8                     |
| 6- Place des Carnes      | 29, 4                    | 21, 7                     | 25, 0                     | 18, 6                     |
| 7- Place de la Fontaine  | 16, 6                    | 20, 3                     | 15, 0                     | 21, 2                     |
| 8- Herbet                | 16, 8                    | 14, 3                     | 24, 6                     | 19, 4                     |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 24, 2                    | 13, 3                     | 13, 8                     | 11, 6                     |
| 10- Boulevard Lafayette  | 18, 4                    | 15, 0                     | 23, 6                     | 13, 0                     |
| 11- Jeanne d'Arc         | 22, 0                    | 15, 3                     | 14, 2                     | 11, 8                     |
| 12- Banque de France     | 31, 0                    | 19, 7                     | 33, 8                     | 31, 0                     |

OXYDE DE CARBONE : moyennes hebdomadaires par poste exprimées en ppm.

TAB LEAU 11

Décembre 1969

|                          | 5e semaine<br>du 1 au 5 | 6e semaine<br>du 8 au 12 | 7e semaine<br>du 15 au 19 | 8e semaine<br>du 22 au 26 | 9e semaine<br>du 29 au 2 |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 9,6                     | 18,4                     | 15,6                      | 12,3                      | 11,8                     |
| 2- Ancienne Préfecture   | 20,4                    | 37,0                     | 51,2                      | 29,8                      | 34,5                     |
| 3- Hôtel de Ville        | 22,6                    | 39,2                     | 41,4                      | 23,8                      | 50,3                     |
| 4- Place Gaillard        | 17,0                    | 38,8                     | 41,2                      | 46,0                      | 53,3                     |
| 5- Bellombre             | 7,8                     | 15,6                     | 33,8                      | 21,8                      | 31,0                     |
| 6- Place des Carmes      | 15,8                    | 31,6                     | 49,4                      | 25,5                      | 42,5                     |
| 7- Place de la Fontaine  | 13,2                    | 28,3                     | 33,6                      | 26,3                      | 46,5                     |
| 8- Herbet                | 13,0                    | 29,2                     | 49,8                      | 26,0                      | 48,0                     |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 20,8                    | 26,4                     | 26,2                      | 28,7                      | 44,0                     |
| 10- Boulevard Lafayette  | 12,8                    | 29,2                     | 39,4                      | 20,3                      | 46,0                     |
| 11- Jeanne D'Arc         | 15,2                    | 31,8                     | 29,4                      | 21,3                      | 47,3                     |
| 12- banque de France     | 31,2                    | 55,4                     | 45,4                      | 38,0                      | 68,5                     |

OXYDE DE CARBONE : moyennes hebdomadaires par poste exprimées en ppm.

TAB LEAU 12

Janvier 1970

|                          | 10e semaine<br>du 5 au 9 | 11e semaine<br>du 12 au 16 | 12e semaine<br>du 19 au 23 | 13e semaine<br>du 26 au 30 |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 8, 2                     | 18, 8                      | 21, 4                      | 19, 0                      |
| 2- Ancienne Préfecture   | 32, 6                    | 23, 0                      | 30, 0                      | 30, 4                      |
| 3- Hôtel de Ville        | 31, 8                    | 31, 6                      | 72, 2                      | 54, 4                      |
| 4- Place Gaillard        | 41, 4                    | 29, 4                      | 43, 8                      | 72, 2                      |
| 5- Bellombre             | 21, 2                    | 19, 2                      | 25, 8                      | 22, 4                      |
| 6- Place des Carmes      | 31, 2                    | 26, 4                      | 36, 6                      | 38, 6                      |
| 7- Place de la Fontaine  | 24, 8                    | 21, 8                      | 35, 4                      | 24, 8                      |
| 8- Herbet                | 21, 6                    | 37, 0                      | 41, 8                      | 43, 2                      |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 23, 0                    | 24, 4                      | 25, 8                      | 30, 4                      |
| 10- Boulevard Lafayette  | 19, 2                    | 27, 2                      | 38, 2                      | 28, 4                      |
| 11- Jeanne d'Arc         | 25, 8                    | 23, 0                      | 27, 8                      | 29, 4                      |
| 12- Banque de France     | 54, 8                    | 37, 4                      | 50, 0                      | 57, 8                      |

OXYDE DE CARBONE : Moyennes hebdomadaires par poste exprimées en ppm.

TABLEAU 13

Février 1970

|                          | 14e semaine<br>du 2 au 6 | 15e semaine<br>du 9 au 13 | 16e semaine<br>du 16 au 20 | 17e semaine<br>du 23 au 27 |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 24,6                     | 3,0                       | 4,0                        | 4,2                        |
| 2- Ancienne Préfecture   | 33,8                     | 3,2                       | 7,0                        | 14,2                       |
| 3- Hôtel de Ville        | 46,0                     | 6,0                       | 29,4                       | 7,2                        |
| 4- Place Gaillard        | 21,8                     | 6,8                       | 9,2                        | 14,2                       |
| 5- Bellombre             | 27,2                     | 7,0                       | 2,2                        | 2,0                        |
| 6- Place des Carmes      | 25,2                     | 5,0                       | 7,2                        | 12,0                       |
| 7- Place de la Fontaine  | 30,6                     | 9,8                       | 6,2                        | 12,6                       |
| 8- Herbet                | 44,2                     | 9,6                       | 9,4                        | 23,4                       |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 22,6                     | 2,0                       | 10,2                       | 8,2                        |
| 10- Boulevard Lafayette  | 28,2                     | 5,0                       | 11,6                       | 7,0                        |
| 11- Jeanne d'Arc         | 29,2                     | 2,8                       | 6,6                        | 11,8                       |
| 12- Banque de France     | 29,0                     | 7,2                       | 10,8                       | 20,4                       |

OXYDE DE CARBONE : Moyennes hebdomadaires par poste exprimées en ppm.

Mars 1970

|                          | 18e semaine<br>du 2 au 6 | 19e semaine<br>du 9 au 13 | 20e semaine<br>du 16 au 20 | 21e semaine<br>du 23 au 27 |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 8, 8                     | 11, 6                     | 3, 6                       | 6, 4                       |
| 2- Ancienne Préfecture   | 15, 6                    | 7, 2                      | 5, 8                       | 12, 6                      |
| 3- Hôtel de Ville        | 7, 4                     | 23, 6                     | 8, 8                       | 21, 8                      |
| 4- Place Gaillard        | 20, 6                    | 25, 2                     | 7, 6                       | 12, 8                      |
| 5- Bellombre             | 4, 4                     | 4, 0                      | 2, 8                       | 1, 4                       |
| 6- Place des Carmes      | 6, 0                     | 3, 2                      | 4, 4                       | 6, 0                       |
| 7- Place de la Fontaine  | 6, 8                     | 4, 6                      | 3, 4                       | 5, 0                       |
| 8- Herbet                | 11, 4                    | 15, 4                     | 5, 6                       | 16, 2                      |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 10, 0                    | 1, 4                      | 7, 0                       | 2, 8                       |
| 10- Boulevard Lafayette  | 14, 0                    | 6, 6                      | 6, 6                       | 9, 0                       |
| 11- Jeanne d'Arc         | 7, 2                     | 1, 8                      | 7, 8                       | 2, 0                       |
| 12- banque de France     | 18, 6                    | 9, 6                      | 17, 4                      | 33, 6                      |

OXYDE DE CARBONE : Moyennes hebdomadaires par poste exprimées en ppm.

TABLEAU 15

Avril 1970

|                          | 22e semaine<br>du 31 au 3 | 23e semaine<br>du 6 au 10 | 24e semaine<br>du 13 au 17 | 25e semaine<br>du 20 au 24 | 26e semaine<br>du 27 au 1er |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 10,5                      | 9,8                       | 6,0                        | 6,4                        | 5,5                         |
| 2- Ancienne Préfecture   | 13,8                      | 13,6                      | 9,8                        | 7,6                        | 18,3                        |
| 3- Hôtel de Ville        | 9,5                       | 23,6                      | 8,0                        | 9,6                        | 7,3                         |
| 4- Place Gaillard        | 15,8                      | 19,8                      | 8,2                        | 25,6                       | 8,5                         |
| 5- Bellombre             | 2,3                       | 16,8                      | 5,4                        | 3,0                        | 4,3                         |
| 6- Place des Carmes      | 6,3                       | 13,8                      | 10,4                       | 10,2                       | 12,8                        |
| 7- Place de la Fontaine  | 7,8                       | 19,0                      | 12,0                       | 7,0                        | 6,5                         |
| 8- Herbet                | 8,8                       | 20,6                      | 10,6                       | 13,8                       | 19,3                        |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 5,0                       | 13,6                      | 6,4                        | 7,8                        | 10,0                        |
| 10- Boulevard Lafayette  | 8,8                       | 15,8                      | 15,4                       | 6,4                        | 6,8                         |
| 11- Jeanne d'Arc         | 14,0                      | 21,6                      | 11,2                       | 7,6                        | 1,8                         |
| 12- Banque de France     | 15,0                      | 28,6                      | 23,6                       | 10,4                       | 6,3                         |

OXYDE DE CARBONE : Moyennes hebdomadaires par poste exprimées en ppm.

TABLEAU 16

Mai 1970

|                          | 27e semaine<br>du 4 au 8 | 28e semaine<br>du 11 au 15 | 29e semaine<br>du 19 au 22 | 30e semaine<br>du 25 au 29 |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 3, 6                     | 10, 6                      | 2, 9                       | 4, 8                       |
| 2- Ancienne Préfecture   | 8, 4                     | 7, 4                       | 1, 5                       | 10, 2                      |
| 3- Hôtel de Ville        | 27, 4                    | 14, 4                      | 11, 0                      | 14, 4                      |
| 4- Place Gaillard        | 13, 2                    | 16, 6                      | 5, 8                       | 10, 8                      |
| 5- Bellombre             | 2, 0                     | 2, 6                       | 7, 5                       | 5, 2                       |
| 6- Place des Carmes      | 6, 0                     | 13, 8                      | 1, 3                       | 16, 0                      |
| 7- Place de la Fontaine  | 5, 8                     | 5, 0                       | 0, 5                       | 5, 4                       |
| 8- Herbet                | 22, 0                    | 11, 2                      | 4, 8                       | 14, 4                      |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 8, 8                     | 4, 4                       | 8, 3                       | 4, 4                       |
| 10- Boulevard Lafayette  | 9, 4                     | 6, 0                       | 6, 5                       | 4, 6                       |
| 11- Jeanne d'Arc         | 9, 4                     | 4, 8                       | 2, 0                       | 7, 2                       |
| 12- Banque de France     | 28, 2                    | 9, 8                       | 15, 8                      | 7, 0                       |
| 13- Avenue de Royat      | -                        | 8, 5                       | 4, 0                       | 1, 8                       |
| 14- Place Allard         | -                        | 4, 0                       | 3, 5                       | 5, 4                       |
| 15- Avenue Thermale      | -                        | 4, 5                       | 3, 3                       | 2, 6                       |
| 16- Avenue de Villars    | -                        | 4, 5                       | 0                          | 2, 6                       |

OXYDE DE CARBONE : Moyennes hebdomadaires par poste exprimées en ppm.

TABLEAU 17

Juin 1970

|                          | 31e semaine<br>du 1 au 5 | 32e semaine<br>du 8 au 12 | 33e semaine<br>du 15 au 19 | 34e semaine<br>du 22 au 26 | 35e semaine<br>du 29 au 3 |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 8,6                      | 7,0                       | 7,4                        | 25,2                       | 6,8                       |
| 2- Ancienne Préfecture   | 6,6                      | 4,8                       | 22,0                       | 14,4                       | 5,8                       |
| 3- Hôtel de Ville        | 7,8                      | 10,4                      | 14,4                       | 17,6                       | 12,6                      |
| 4- Place Gaillard        | 12,6                     | 24,4                      | 11,6                       | 17,8                       | 9,4                       |
| 5- Bellombre             | 2,6                      | 2,0                       | 2,6                        | 1,0                        | 0,4                       |
| 6- Place des Carmes      | 8,0                      | 6,4                       | 14,2                       | 7,8                        | 4,8                       |
| 7- Place de la Fontaine  | 13,2                     | 11,2                      | 15,6                       | 7,2                        | 3,0                       |
| 8- Herbet                | 20,6                     | 9,8                       | 14,6                       | 14,0                       | 11,6                      |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 3,6                      | 5,6                       | 5,6                        | 3,8                        | 8,4                       |
| 10- Boulevard Lafayette  | 4,8                      | 4,6                       | 6,2                        | 12,2                       | 0,8                       |
| 11- Jeanne d'Arc         | 4,0                      | 4,4                       | 10,2                       | 5,4                        | 3,2                       |
| 12- Banque de France     | 16,0                     | 17,8                      | 19,4                       | 14,6                       | 6,6                       |
| 13- Avenue de Royat      | 8,4                      | 20,4                      | 8,6                        | 9,2                        | 4,6                       |
| 14- Place Allard         | 5,4                      | 9,0                       | 5,6                        | 2,2                        | 0,6                       |
| 15- Avenue Thermale      | 5,8                      | 7,6                       | 3,4                        | 1,4                        | 0,8                       |
| 16- Avenue de Villars    | 5,0                      | 1,4                       | 3,4                        | 1,0                        | 3,2                       |

OXYDE DE CARBONE : Moyennes hebdomadaires par poste exprimées en ppm.

TABLEAU 18

Juillet 1970

|                          | 36e semaine<br>du 6 au 10 | 37e semaine<br>du 15 au 17 | 38e semaine<br>du 20 au 24 | 39e semaine<br>du 27 au 31 |
|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 7, 2                      | 7, 7                       | 7, 4                       | 6, 8                       |
| 2- Ancienne Préfecture   | 7, 2                      | 12, 3                      | 11, 0                      | 2, 6                       |
| 3- Hôtel de Ville        | 9, 2                      | 37, 0                      | 11, 0                      | 5, 0                       |
| 4- Place Gaillard        | 6, 4                      | 6, 7                       | 7, 4                       | 4, 6                       |
| 5- Bellombre             | 2, 2                      | 3, 0                       | 2, 2                       | 1, 2                       |
| 6- Place des Carnes      | 7, 4                      | 1, 7                       | 13, 2                      | 18, 4                      |
| 7- Place de la Fontaine  | 5, 8                      | 2, 3                       | 9, 4                       | 7, 6                       |
| 8- Herbet                | 34, 6                     | 6, 7                       | 11, 0                      | 39, 4                      |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 2, 4                      | 3, 7                       | 1, 2                       | 1, 0                       |
| 10- Boulevard Lafayette  | 10, 2                     | 0, 0                       | 4, 2                       | 1, 2                       |
| 11- Jeanne d'Arc         | 1, 4                      | 1, 7                       | 2, 8                       | 1, 8                       |
| 12- Banque de France     | 13, 6                     | 17, 0                      | 13, 6                      | 15, 8                      |
| 13- Avenue de Royat      | 1, 2                      | 4, 0                       | 12, 4                      | 12, 0                      |
| 14- Place Allard         | 2, 4                      | 5, 0                       | 11, 2                      | 3, 6                       |
| 15- Avenue Thermale      | 0, 8                      | 0, 0                       | 2, 0                       | 2, 2                       |
| 16- Avenue de Villars    | 0, 0                      | 4, 3                       | 2, 6                       | 0, 8                       |

OXYDE DE CARBONE : Moyennes hebdomadaires par poste exprimées en ppm.

TABLEAU 19

Aout 1970

|                          | 40e semaine<br>du 3 au 7 | 41e semaine<br>du 9 au 14 | 42e semaine<br>du 17 au 21 | 43e semaine<br>du 24 au 28 |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 6,0                      | 5,6                       | 3,6                        | 4,2                        |
| 2- Ancienne Préfecture   | 10,0                     | 9,8                       | 6,8                        | 6,6                        |
| 3- Hôtel de Ville        | 15,6                     | 11,6                      | 10,8                       | 6,4                        |
| 4- Place Gaillard        | 16,6                     | 18,0                      | 7,2                        | 19,8                       |
| 5- Bellombre             | 4,6                      | 4,8                       | 1,2                        | 7,6                        |
| 6- Place des Carmes      | 7,4                      | 7,6                       | 8,8                        | 14,4                       |
| 7- Place de la Fontaine  | 4,0                      | 6,0                       | 4,8                        | 6,4                        |
| 8- Herbet                | 14,2                     | 12,2                      | 5,4                        | 13,8                       |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 5,2                      | 11,6                      | 7,2                        | 3,4                        |
| 10- Boulevard Lafayette  | 4,6                      | 16,0                      | 2,6                        | 6,2                        |
| 11- Jeanne d'Arc         | 3,6                      | 5,6                       | 2,0                        | 3,6                        |
| 12- Banque de France     | 12,8                     | 11,8                      | 13,2                       | 11,8                       |
| 13- Avenue de Royat      | 8,6                      | 6,4                       | 6,4                        | 16,2                       |
| 14- Place Allard         | 9,0                      | 7,2                       | 5,0                        | 5,2                        |
| 15- Avenue Thermale      | 2,4                      | 1,0                       | 0,4                        | 1,2                        |
| 16- Avenue de Villars    | 1,8                      | 3,0                       | 0,6                        | 2,6                        |

OXYDE DE CARBONE : Moyennes hebdomadaires par poste exprimées en p. p. m.

TABLEAU 20

Septembre 1970

|                          | 44e semaine<br>du 31 au 4 | 45e semaine<br>du 7 au 11 | 46e semaine<br>du 14 au 18 | 47e semaine<br>du 21 au 25 | 48e semaine<br>du 28 au 2 |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 4, 4                      | 8, 6                      | 4, 2                       | 5, 2                       | 3, 6                      |
| 2- Ancienne Préfecture   | 11, 8                     | 35, 4                     | 9, 6                       | 10, 4                      | 3, 8                      |
| 3- Hôtel de Ville        | 11, 2                     | 17, 4                     | 8, 8                       | 12, 8                      | 7, 6                      |
| 4- Place Gaillard        | 7, 8                      | 23, 0                     | 18, 6                      | 15, 2                      | 10, 4                     |
| 5- Bellombre             | 1, 0                      | 2, 4                      | 1, 8                       | 1, 0                       | 0, 2                      |
| 6- Place des Carnes      | 23, 6                     | 19, 2                     | 6, 4                       | 5, 2                       | 5, 2                      |
| 7- Place de la Fontaine  | 20, 8                     | 10, 8                     | 4, 4                       | 2, 4                       | 1, 2                      |
| 8- Herbet                | 14, 8                     | 9, 4                      | 12, 0                      | 4, 0                       | 6, 8                      |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 3, 8                      | 6, 4                      | 3, 0                       | 4, 0                       | 6, 0                      |
| 10- Boulevard Lafayette  | 5, 8                      | 12, 8                     | 5, 8                       | 7, 2                       | 1, 6                      |
| 11- Jeanne d'Arc         | 3, 4                      | 12, 6                     | 3, 4                       | 2, 4                       | 11, 0                     |
| 12- Banque de France     | 14, 8                     | 31, 8                     | 20, 0                      | 35, 6                      | 20, 8                     |
| 13- Avenue de Royat      | 5, 8                      | 12, 6                     | 4, 2                       | 23, 2                      | 10, 4                     |
| 14- Place Allard         | 7, 6                      | 17, 6                     | 1, 4                       | 10, 6                      | 8, 4                      |
| 15- Avenue Thermale      | 1, 0                      | 4, 0                      | 7, 0                       | 5, 0                       | 2, 0                      |
| 16- Avenue de Villars    | 2, 4                      | 6, 8                      | 1, 2                       | 7, 4                       | 3, 2                      |

OXYDE DE CARBONE : Moyennes hebdomadaires par poste exprimées en ppm.

TABLEAU 21

Octobre 1970

|                          | 49e semaine<br>du 5 au 9 | 50e semaine<br>du 11 au 16 | 51e semaine<br>du 19 au 23 | 52e semaine<br>du 26 au 30 |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1- Laboratoire Municipal | 7,0                      | 3,0                        | 5,8                        | 12,2                       |
| 2- Ancienne Préfecture   | 15,6                     | 5,0                        | 47,8                       | 14,8                       |
| 3- Hôtel de Ville        | 8,2                      | 10,0                       | 39,0                       | 12,6                       |
| 4- Place Gaillard        | 22,8                     | 12,6                       | 28,2                       | 43,2                       |
| 5- Bellombre             | 0                        | 4,2                        | 3,0                        | 7,6                        |
| 6- Place des Carnes      | 43,0                     | 6,6                        | 8,6                        | 17,6                       |
| 7- Place de la Fontaine  | 9,2                      | 7,2                        | 5,6                        | 10,2                       |
| 8- Herbet                | 16,4                     | 6,0                        | 8,8                        | 16,8                       |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 8,4                      | 5,6                        | 15,6                       | 10,6                       |
| 10- Boulevard Lafayette  | 10,2                     | 50,8                       | 8,0                        | 12,8                       |
| 11- Jeanne d'Arc         | 16,4                     | 12,6                       | 33,8                       | 5,8                        |
| 12- banque de France     | 83,6                     | 23,8                       | 26,6                       | 31,0                       |
| 13- Avenue de Royat      | 26,4                     | 8,6                        | 25,2                       | 29,0                       |
| 14- Place Allard         | 6,4                      | 12,0                       | 11,2                       | 7,8                        |
| 15- Avenue Thermale      | 2,0                      | 4,0                        | 2,0                        | 6,2                        |
| 16- Avenue de Villars    | 7,6                      | 2,4                        | 1,8                        | 1,6                        |

OXYDE DE CARBONE : Moyennes hebdomadaires par poste exprimées en ppm.

TABLEAU 22

|                          | CHIFFRE MAXIMAL |              |      |
|--------------------------|-----------------|--------------|------|
|                          | p. p. m.        | Date         |      |
| 1- Laboratoire Municipal | 97              | 26 juin      | 1970 |
| 2- Ancienne Préfecture   | 183             | 27 décembre  | 1969 |
| 3- Hôtel de Ville        | 185             | 20 janvier   | 1969 |
| 4- Place Gaillard        | 172             | 30 octobre   | 1970 |
| 5- Bellombre             | 78              | 17 décembre  | 1969 |
| 6- Place des Carmes      | 176             | 7 octobre    | 1970 |
| 7- Place de la Fontaine  | 65              | 2 septembre  | 1970 |
| 8- Herbet                | 142             | 31 juillet   | 1970 |
| 9- Viaduc Saint-Jacques  | 66              | 29 décembre  | 1969 |
| 10- Boulevard Lafayette  | 200             | 14 octobre   | 1970 |
| 11- Jeanne d'Arc         | 90              | 19 octobre   | 1970 |
| 12- Banque de France     | 119             | 7 octobre    | 1970 |
| 13- Avenue de Royat      | 75              | 26 septembre | 1970 |
| 14- Place Allard         | 63              | 7 septembre  | 1970 |
| 15- Avenue Thermale      | 29              | 12 juin      | 1970 |
| 16- Avenue de Villars    | 26              | 8 octobre    | 1970 |

OXYDE DE CARBONE : Valeur maximale relevée à chaque  
poste, exprimée en ppm.

TABLEAU 23

| Différents points<br>de prélèvements dans<br>l'agglomération. | TENEUR EN CO ( ppm ) |      |     |        |     |      |         |      |     |         |     |     |             |     |    |              |   |   |
|---------------------------------------------------------------|----------------------|------|-----|--------|-----|------|---------|------|-----|---------|-----|-----|-------------|-----|----|--------------|---|---|
|                                                               | négligeable faible   |      |     | modéré |     |      | notable |      |     | sérieux |     |     | assez élevé |     |    | très sérieux |   |   |
|                                                               | 0 - 5                |      |     | 6 - 10 |     |      | 11 - 20 |      |     | 21 - 30 |     |     | 31 - 40     |     |    | 41 - 50      |   |   |
|                                                               | j                    | %    | j   | j      | %   | j    | j       | %    | j   | j       | %   | j   | j           | %   | j  | j            | % | j |
| 1- Laboratoire Municipal                                      | 105                  | 40,9 | 69  | 26,8   | 60  | 23,3 | 17      | 6,6  | 4   | 1,6     | 1   | 0,4 | -           | -   | 1  | 0,4          | - | - |
| 2- Ancienne Préfecture                                        | 71                   | 27,6 | 55  | 21,4   | 68  | 26,5 | 30      | 11,7 | 15  | 5,8     | 5   | 1,9 | 4           | 1,6 | 9  | 3,5          | - | - |
| 3- Hôtel de Ville                                             | 66                   | 25,7 | 48  | 18,7   | 61  | 23,7 | 33      | 12,8 | 14  | 5,4     | 17  | 6,6 | 8           | 3,1 | 10 | 3,9          | - | - |
| 4- Place Gaillard                                             | 47                   | 18,3 | 50  | 19,5   | 72  | 28,0 | 35      | 13,6 | 23  | 8,9     | 11  | 4,3 | 6           | 2,3 | 13 | 5,1          | - | - |
| 5- Ballombre                                                  | 161                  | 62,9 | 30  | 11,7   | 38  | 14,8 | 17      | 6,6  | 6   | 2,3     | 3   | 1,2 | -           | -   | 1  | 0,4          | - | - |
| 6- Place des Carmes                                           | 82                   | 32,0 | 43  | 16,8   | 65  | 25,4 | 27      | 14,4 | 20  | 7,8     | 11  | 4,3 | 4           | 1,6 | 4  | 1,6          | - | - |
| 7- Place de la Fontaine                                       | 98                   | 38,3 | 49  | 19,1   | 55  | 21,5 | 29      | 11,3 | 14  | 5,5     | 6   | 2,3 | 4           | 1,6 | 1  | 0,4          | - | - |
| 8- Herbet                                                     | 71                   | 27,7 | 38  | 14,8   | 64  | 25,0 | 41      | 16,0 | 16  | 6,2     | 12  | 4,7 | 4           | 1,6 | 10 | 3,9          | - | - |
| 9- Viaduc St-Jacques                                          | 117                  | 45,7 | 41  | 16,0   | 46  | 18,0 | 31      | 12,1 | 15  | 5,9     | 3   | 1,2 | 2           | 0,8 | 1  | 0,4          | - | - |
| 10- Boulevard Lafayette                                       | 96                   | 37,3 | 40  | 15,6   | 64  | 24,9 | 31      | 12,1 | 13  | 5,1     | 6   | 2,3 | 2           | 0,8 | 5  | 1,9          | - | - |
| 11- Jeanne d'Arc                                              | 120                  | 46,8 | 32  | 12,5   | 51  | 19,8 | 24      | 9,3  | 17  | 6,6     | 6   | 2,3 | 3           | 1,2 | 4  | 1,6          | - | - |
| 12- Banque de France                                          | 53                   | 20,6 | 25  | 9,7    | 56  | 21,8 | 39      | 15,2 | 28  | 10,9    | 16  | 6,2 | 14          | 5,4 | 26 | 10,1         | - | - |
| 13- Avenue de Royat                                           | 57                   | 47,5 | 21  | 17,5   | 23  | 19,2 | 7       | 5,8  | 4   | 3,3     | 5   | 4,2 | 1           | 0,8 | 2  | 1,7          | - | - |
| 14- Place Allard                                              | 71                   | 59,2 | 22  | 18,3   | 21  | 17,5 | 4       | 3,3  | -   | -       | -   | -   | 1           | 0,8 | 1  | 0,8          | - | - |
| 15- Avenue Thermale                                           | 99                   | 82,5 | 14  | 11,7   | 5   | 4,2  | 2       | 1,7  | -   | -       | -   | -   | -           | -   | -  | -            | - | - |
| 16- Avenue de Villars                                         | 100                  | 83,3 | 10  | 8,3    | 7   | 5,8  | 3       | 2,5  | -   | -       | -   | -   | -           | -   | -  | -            | - | - |
| Répartition annuelle de l'ensemble des résultats              | 1424                 | 399  | 587 | 16,5   | 753 | 21,1 | 370     | 10,4 | 189 | 5,3     | 102 | 2,9 | 53          | 1,4 | 88 | 2,5          | - | - |

OXIDE DE CARBONE : Répartition des résultats journaliers par poste, en fonction de leurs teneurs.

j. Nombre de journées

% Pourcentage des fréquences.

## **B - ACIDITÉ FORTE ET FUMÉES.**

*a ) moyennes annuelles : ( tableaux 24 et 25 )*

*b ) moyenne semestrielle : moyenne hivernale et estivale ( tableaux 26 et 27 ).*

*c ) moyenne mensuelle : ( tableaux 28 et 29 )*

*d ) moyenne hebdomadaire : ( tableaux 30 à 53 ).*

*e ) valeurs maximales relevées à chaque poste : ( tableaux 54 et 55 ).*

Normalement, après barbotage de l'air contenant l'anhydride sulfureux, l'eau oxygénée doit être acide, or on a noté la présence de réaction alcaline. Seul, le nombre de jours où une acidité dans l'eau oxygénée a été observée est intervenu dans le calcul des différentes moyennes: La répartition des journées « acides » et « alcalines » est donnée par le tableau 56. Les mesures ont été quotidiennes pendant les cinq premiers jours de la semaine, elles portent parfois sur 48 heures ( samedi et dimanche ) dans certains postes ; mais de toute façon, tous les appareils ont fonctionné 24h. sur 24.

---

TABLEAU 24

|                                 | mcg/m <sup>3</sup> | ppm   |
|---------------------------------|--------------------|-------|
| Poste I - Laboratoire Municipal | 42,1               | 0,016 |
| Poste II - Saint-Jacques        | 35,9               | 0,013 |
| Poste III - Aulnat              | 23,0               | 0,009 |
| Poste IV- Cité Administrative   | 40,0               | 0,015 |
| Poste V - Chamalières           | 44,2               | 0,017 |
| Moyenne générale                | 37,0               | 0,014 |

ACIDITE FORTE : Moyennes annuelles par poste exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ) et ppm d'anhydride sulfureux.

N. B. -

Poste IV : moyenne sur 8 mois.

Poste V : moyenne sur 5 mois.

TABLEAU 25

|                                 | microgramme/m <sup>3</sup> |
|---------------------------------|----------------------------|
| Poste I - Laboratoire Municipal | 38,4                       |
| Poste II - Saint-Jacques        | 25,0                       |
| Poste III - Aulnat              | 10,4                       |
| Poste IV - Cité Administrative  | 28,3                       |
| Poste V - Chamalières           | 45,3                       |
| Moyenne générale                | 29,5                       |

FUMÉES : Moyennes annuelles par poste exprimées en microgramme/m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ).

N. B. -

Poste IV : Moyenne sur 8 mois.

Poste V : Moyenne sur 5 mois.

TABLEAU 26

| Postes                                 | Moyenne hivernale |       | Moyenne estivale |        |
|----------------------------------------|-------------------|-------|------------------|--------|
|                                        | mcg/m3            | ppm   | mcg/m3           | ppm    |
| I - Laboratoire Municipal              | 54,6              | 0,021 | 29,6             | -0,011 |
| II - Saint-Jacques                     | 44,5              | 0,017 | 27,2             | 0,011  |
| III - Aulnat                           | 24,9              | 0,010 | 23,0             | 0,009  |
| IV - Cité Administrative               | -                 | -     | 37,9             | 0,015  |
| V - Chamalières                        | -                 | -     | -                | -      |
| Moyenne générale hivernale et estivale | 41,3              | 0,016 | 29,4             | 0,012  |

ACIDITE FORTE : Moyennes hivernales et estivales par poste exprimées en microgramme par m3 ( mcg/m3 ) et ppm d'anhydride sulfureux.

TABLEAU 27

| Postes                                    | Moyenne hivernale | Moyenne estivale |
|-------------------------------------------|-------------------|------------------|
| I- Laboratoire municipal                  | 56,9              | 20,0             |
| II - Saint-Jacques                        | 36,8              | 12,5             |
| III - Aulnat                              | 13,2              | 7,6              |
| IV- Cité Administrative                   | -                 | 19,8             |
| V- Chamalières                            | -                 | -                |
| Moyenne générale hivernale<br>et estivale | 35,6              | 14,9             |

FUMÉES : Moyennes hivernales et estivales par poste exprimées en microgrammes/m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ).

TABLEAU 23

|                               | Poste I<br>Laboratoire<br>Municipal |       | Poste II<br>St-Jacques |       | Poste III<br>Aulnat |       | Poste IV<br>Cité<br>administrative |       | Poste V<br>Chamalières |       | moyenne<br>mensuelle<br>générale |       |
|-------------------------------|-------------------------------------|-------|------------------------|-------|---------------------|-------|------------------------------------|-------|------------------------|-------|----------------------------------|-------|
|                               | mcg/m3                              | ppm   | mcg/m3                 | ppm   | mcg/m3              | ppm   | mcg/m3                             | ppm   | mcg/m3                 | ppm   | mcg/m3                           | ppm   |
| Décembre 1969                 | 35,5                                | 0,014 | 32,3                   | 0,013 | 12,9                | 0,005 |                                    |       |                        |       | 26,9                             | 0,010 |
| Janvier 1970                  | 89,3                                | 0,034 | 70,4                   | 0,027 | 32,3                | 0,013 |                                    |       |                        |       | 64,0                             | 0,024 |
| Février 1970                  | 46,0                                | 0,018 | 31,5                   | 0,012 | 20,7                | 0,008 |                                    |       |                        |       | 32,7                             | 0,012 |
| Mars 1970                     | 58,0                                | 0,022 | 48,9                   | 0,019 | 30,4                | 0,012 |                                    |       |                        |       | 45,8                             | 0,017 |
| Avril 1970                    | 57,0                                | 0,022 | 43,3                   | 0,017 | 29,9                | 0,012 | 69,6                               | 0,027 |                        |       | 50,0                             | 0,019 |
| Mai 1970                      | 32,0                                | 0,012 | 24,5                   | 0,009 | 25,1                | 0,010 | 40,9                               | 0,016 |                        |       | 30,6                             | 0,011 |
| Juin 1970                     | 26,0                                | 0,010 | 25,8                   | 0,010 | 25,2                | 0,010 | 42,0                               | 0,016 |                        |       | 29,7                             | 0,011 |
| Juillet 1970                  | 18,8                                | 0,007 | 28,1                   | 0,011 | 25,5                | 0,010 | 29,5                               | 0,011 |                        |       | 25,5                             | 0,009 |
| Août 1970                     | 14,4                                | 0,006 | 21,3                   | 0,008 | 12,5                | 0,005 | 22,6                               | 0,009 | 30,4                   | 0,012 | 20,2                             | 0,008 |
| Septembre 1970                | 29,5                                | 0,011 | 20,2                   | 0,008 | 19,5                | 0,008 | 22,7                               | 0,009 | 30,7                   | 0,012 | 24,5                             | 0,009 |
| Octobre 1970                  | 38,9                                | 0,015 | 36,8                   | 0,014 | 33,4                | 0,013 | 37,3                               | 0,014 | 48,6                   | 0,019 | 39,0                             | 0,015 |
| Novembre 1970                 | 60,1                                | 0,023 | 47,4                   | 0,018 | 19,6                | 0,008 | 55,6                               | 0,021 | 67,2                   | 0,026 | 50,0                             | 0,019 |
| Moyenne générale<br>par poste | 42,1                                | 0,016 | 35,9                   | 0,013 | 23,0                | 0,009 | 40,0                               | 0,015 | 44,2                   | 0,017 |                                  |       |

ACIDITE FORTE : Moyennes mensuelles par poste, exprimées en microgramme/m3 ( mcg/m3 ) et ppm d'anhydride sulfureux.

TABLEAU 29

|                                | Poste I<br>Laboratoire<br>Municipal | Poste II<br>st-Jacques | Poste III<br>Aulnat | Poste IV<br>Cité admi-<br>nistrative | Poste V<br>Chamalières | Moyenne<br>mensuelle<br>générale |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Décembre * 1969                | 93,6                                | 56,1                   | 10,1                |                                      |                        | 55,3                             |
| Janvier * 1970                 | 81,5                                | 67,3                   | 16,5                |                                      |                        | 55,1                             |
| Février * 1970                 | 21,3                                | 8,9                    | 1,2                 |                                      |                        | 10,5                             |
| Mars * 1970                    | 43,3                                | 16,3                   | 1,9                 |                                      |                        | 20,5                             |
| Avril 1970                     | 25,4                                | 10,8                   | 3,7                 | 27,0                                 |                        | 16,7                             |
| Mai 1970                       | 15,2                                | 8,4                    | 5,6                 | 13,7                                 |                        | 10,7                             |
| Juin 1970                      | 16,8                                | 13,0                   | 5,5                 | 19,2                                 |                        | 13,6                             |
| Juillet 1970                   | 16,0                                | 9,6                    | 6,8                 | 10,3                                 |                        | 10,7                             |
| Août 1970                      | 17,5                                | 10,7                   | 8,0                 | 16,8                                 | 14,5                   | 13,5                             |
| Septembre 1970                 | 28,9                                | 22,5                   | 15,8                | 31,9                                 | 30,3                   | 25,9                             |
| Octobre * 1970                 | 52,2                                | 38,7                   | 28,5                | 53,8                                 | 67,3                   | 48,1                             |
| Novembre * 1970                | 49,1                                | 33,7                   | 15,1                | 54,0                                 | 69,2                   | 4,4                              |
| Moyenne générale<br>par poste. | 38,4                                | 24,7                   | 10,4                | 28,3                                 | 45,3                   |                                  |

"FUMES" : Moyennes mensuelles par poste exprimées en microgramme/m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ).

\* Période dite hivernale.

TABLEAU 30

Décembre 1969

|                       | 1re semaine<br>du 1 au 7 |       | 2e semaine<br>du 8 au 14 |       | 3e semaine<br>du 15 au 21 |       | 4e semaine<br>du 22 au 28 |       | 5e semaine<br>du 29 au 4 |       |
|-----------------------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|--------------------------|-------|
|                       | mcg/<br>m <sup>3</sup>   | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>   | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>   | ppm   |
| Laboratoire Municipal | 41,1                     | 0,016 | 37,0                     | 0,014 | 36,0                      | 0,014 | 30,3                      | 0,012 | 11,8                     | 0,005 |
| Saint-Jacques         | 4,0                      | 0,002 | 37,2                     | 0,014 | 39,8                      | 0,015 | -                         | -     | 19,3                     | 0,007 |
| Aulnat                | 21,3                     | 0,008 | 10,1                     | 0,004 | -                         | -     | -                         | -     | -                        | -     |

ACIDITE FORTE : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes/m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ) et ppm d'anhydride sulfureux

# TAB LEAU 31

Janvier 1970

|                       | 6e semaine<br>du 5 au 11 |        | 7e semaine<br>du 12 au 18 |        | 8e semaine<br>du 19 au 25 |        | 9e semaine<br>du 26 au 1er |        |
|-----------------------|--------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|----------------------------|--------|
|                       | mcg/<br>m3               | ppm    | mcg/<br>m3                | ppm    | mcg/<br>m3                | ppm    | mcg/<br>m3                 | ppm    |
| Laboratoire Municipal | 74, 4                    | 0, 029 | 90, 5                     | 0, 035 | 153, 0                    | 0, 059 | 75, 6                      | 0, 029 |
| Saint-Jacques         | 87, 4                    | 0, 034 | 51, 6                     | 0, 020 | 78, 5                     | 0, 030 | 73, 8                      | 0, 028 |
| Aulnat                | 25, 8                    | 0, 010 | 55, 8                     | 0, 022 | 20, 4                     | 0, 008 | 21, 7                      | 0, 008 |

ACIDITE FORTE : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m3 ( mcg/m3 )  
et ppm d'anhydride sulfureux.

TABLEAU 35

|                       | 10e semaine<br>du 2 au 8 |       | 11e semaine<br>du 9 au 15 |       | 12e semaine<br>du 16 au 22 |       | 13e semaine<br>du 23 au 1er |       |
|-----------------------|--------------------------|-------|---------------------------|-------|----------------------------|-------|-----------------------------|-------|
|                       | mcg/<br>m3               | ppm   | mcg/<br>m3                | ppm   | mcg/<br>m3                 | ppm   | mcg/<br>m3                  | ppm   |
| Laboratoire Municipal | 24,4                     | 0,013 | 25,7                      | 0,010 | 69,3                       | 0,027 | 51,8                        | 0,020 |
| Saint-Jacques         | 21,7                     | 0,011 | 38,7                      | 0,015 | 17,2                       | 0,007 | 41,6                        | 0,016 |
| Aulnat                | 16,0                     | 0,007 | 13,9                      | 0,005 | 23,8                       | 0,009 | 29,3                        | 0,011 |

ACIDITE FORTE : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m3 ( mcg/m3 )  
et ppm d'anhydride sulfureux.

TABLEAU 33

Mars 1970

|                       | 14e semaine<br>du 2 au 8 |       | 15e semaine<br>du 9 au 15 |       | 16e semaine<br>du 16 au 22 |       | 17e semaine<br>du 23 au 29 |       |
|-----------------------|--------------------------|-------|---------------------------|-------|----------------------------|-------|----------------------------|-------|
|                       | mcg/<br>m <sup>3</sup>   | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm   |
| Laboratoire Municipal | 56,6                     | 0,022 | 74,6                      | 0,029 | 50,0                       | 0,019 | 57,5                       | 0,022 |
| Saint-Jacques         | 55,9                     | 0,022 | 55,5                      | 0,022 | 50,0                       | 0,019 | 43,0                       | 0,017 |
| Aulnat                | 32,9                     | 0,013 | 37,0                      | 0,014 | 28,4                       | 0,011 | 22,6                       | 0,009 |
| Cité Administrative   | -                        | -     | -                         | -     | -                          | -     | 86,8                       | 0,033 |

ACIDITE FORTE : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> )  
et ppm d'anhydride sulfureux.

TABLEAU 34

Avril 1970

|                       | 18e semaine<br>du 30 au 5 |        | 19e semaine<br>du 6 au 12 |        | 20e semaine<br>du 13 au 19 |        | 21e semaine<br>du 20 au 26 |        | 22e semaine<br>du 27 au 3 |        |
|-----------------------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|----------------------------|--------|----------------------------|--------|---------------------------|--------|
|                       | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm    | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm    | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm    | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm    | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm    |
| Laboratoire Municipal | 37, 0                     | 0, 014 | 42, 6                     | 0, 017 | 70, 0                      | 0, 027 | 60, 0                      | 0, 023 | 37, 2                     | 0, 014 |
| Saint-Jacques         | 31, 2                     | 0, 012 | 23, 2                     | 0, 009 | 60, 4                      | 0, 023 | 44, 7                      | 0, 017 | 32, 6                     | 0, 013 |
| Aulnat                | 24, 1                     | 0, 009 | 23, 2                     | 0, 009 | 35, 3                      | 0, 014 | 33, 7                      | 0, 013 | 24, 3                     | 0, 009 |
| Cité Administrative   | 61, 5                     | 0, 024 | 65, 5                     | 0, 025 | 82, 4                      | 0, 032 | 68, 8                      | 0, 026 | 43, 8                     | 0, 017 |

ACIDITE FORTE : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ) et ppm d'anhydride sulfureux.

TAB L E A U 3 5

Mai 1970

|                       | 23e semaine<br>du 4 au 10 |       | 24e semaine<br>du 11 au 17 |       | 25e semaine<br>du 18 au 24 |       | 26e semaine<br>du 25 au 31 |       |
|-----------------------|---------------------------|-------|----------------------------|-------|----------------------------|-------|----------------------------|-------|
|                       | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm   |
| Laboratoire Municipal | 32,7                      | 0,013 | 46,0                       | 0,018 | 32,3                       | 0,012 | 28,8                       | 0,011 |
| Saint-Jacques         | 29,2                      | 0,011 | 38,4                       | 0,015 | 20,1                       | 0,008 | 17,4                       | 0,007 |
| Aulnat                | 36,1                      | 0,014 | 20,0                       | 0,008 | 25,3                       | 0,010 | 27,2                       | 0,010 |
| Cité Administrative   | 45,6                      | 0,018 | 47,7                       | 0,018 | 31,1                       | 0,012 | 39,4                       | 0,015 |

ACIDITE FORTE : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> )  
et ppm d'anhydride sulfureux.

TAB L E A U 3 6

Juin 1970

|                       | 27e semaine<br>du 1 au 7 |        | 28e semaine<br>du 8 au 14 |        | 29e semaine<br>du 15 au 21 |        | 30e semaine<br>du 22 au 28 |        |
|-----------------------|--------------------------|--------|---------------------------|--------|----------------------------|--------|----------------------------|--------|
|                       | mcg/<br>m <sup>3</sup>   | ppm    | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm    | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm    | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm    |
| Laboratoire Municipal | 29, 0                    | 0, 011 | 27, 3                     | 0, 011 | 23, 2                      | 0, 009 | 22, 3                      | 0, 009 |
| Saint-Jacques         | 23, 2                    | 0, 009 | 24, 7                     | 0, 010 | 28, 0                      | 0, 011 | 26, 6                      | 0, 010 |
| Aulnat                | 28, 0                    | 0, 011 | 24, 4                     | 0, 009 | 25, 2                      | 0, 010 | 28, 2                      | 0, 011 |
| Cité Administrative   | 22, 3                    | 0, 009 | 45, 0                     | 0, 017 | 51, 1                      | 0, 020 | 48, 5                      | 0, 019 |

ACIDITE FORTE : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ) et ppm d'anhydride sulfureux.

TABEAU 37

Juillet 1970

|                       | 31e semaine<br>du 29 au 5 |        | 32e semaine<br>du 6 au 12 |        | 33e semaine<br>du 13 au 19 |        | 34e semaine<br>du 20 au 26 |        | 35e semaine<br>du 27 au 2 |        |
|-----------------------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|----------------------------|--------|----------------------------|--------|---------------------------|--------|
|                       | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm    | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm    | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm    | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm    | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm    |
| Laboratoire Municipal | 21, 7                     | 0, 008 | -                         | -      | -                          | -      | 19, 1                      | 0, 007 | 14, 8                     | 0, 006 |
| Saint-Jacques         | 22, 9                     | 0, 009 | 28, 0                     | 0, 011 | 22, 6                      | 0, 009 | 24, 8                      | 0, 010 | 39, 2                     | 0, 015 |
| Aulnat                | 18, 1                     | 0, 007 | 32, 8                     | 0, 013 | 25, 4                      | 0, 010 | 31, 1                      | 0, 012 | 15, 1                     | 0, 006 |
| Cité Administrative   | 30, 6                     | 0, 012 | 39, 8                     | 0, 015 | 31, 3                      | 0, 012 | 23, 3                      | 0, 009 | 27, 6                     | 0, 011 |
| Chamalières           | -                         | -      | -                         | -      | -                          | -      | 31, 9                      | 0, 012 | 15, 5                     | 0, 006 |

ACIDITE FORTE : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ) et ppm d'anhydride sulfureux.

TABEAU 38

Aout 1970

|                       | 36e semaine<br>du 3 au 9 |       | 37e semaine<br>du 10 au 16 |       | 38e semaine<br>du 17 au 23 |       | 39e semaine<br>du 24 au 30 |       |
|-----------------------|--------------------------|-------|----------------------------|-------|----------------------------|-------|----------------------------|-------|
|                       | mcg/<br>m <sup>3</sup>   | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm   |
| Laboratoire Municipal | 19,4                     | 0,007 | 16,2                       | 0,006 | 19,3                       | 0,007 | 20,0                       | 0,008 |
| Saint-Jacques         | 30,1                     | 0,012 | 17,3                       | 0,007 | 14,5                       | 0,006 | 23,0                       | 0,009 |
| Aulnat                | 14,4                     | 0,006 | 14,4                       | 0,006 | 10,4                       | 0,004 | 9,8                        | 0,004 |
| Cité Administrative   | 21,8                     | 0,008 | 25,7                       | 0,010 | 19,8                       | 0,008 | 21,5                       | 0,008 |
| Chamalières           | 36,8                     | 0,014 | 34,1                       | 0,013 | 26,3                       | 0,010 | 25,6                       | 0,010 |

ACIDITE FORTE : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ) et ppm d'anhydride sulfureux.

TABLEAU 39

Septembre 1970

|                       | 40e semaine<br>du 31 au 6 |        | 41e semaine<br>du 7 au 13 |        | 42e semaine<br>du 14 au 20 |        | 43e semaine<br>du 21 au 27 |        | 44e semaine<br>du 28 au 4 |        |
|-----------------------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|----------------------------|--------|----------------------------|--------|---------------------------|--------|
|                       | mcg/<br>m3                | ppm    | mcg/<br>m3                | ppm    | mcg/<br>m3                 | ppm    | mcg/<br>m3                 | ppm    | mcg/<br>m3                | ppm    |
| Laboratoire Municipal | 23, 7                     | 0, 009 | 19, 8                     | 0, 008 | 25, 2                      | 0, 010 | 41, 0                      | 0, 016 | 28, 3                     | 0, 011 |
| Saint-Jacques         | 16, 5                     | 0, 006 | 16, 4                     | 0, 006 | 19, 3                      | 0, 007 | 26, 7                      | 0, 010 | 13, 9                     | 0, 005 |
| Aulnat                | 19, 3                     | 0, 007 | 13, 5                     | 0, 005 | 13, 5                      | 0, 005 | 26, 1                      | 0, 010 | 23, 0                     | 0, 009 |
| Cité Administrative   | 22, 7                     | 0, 009 | 16, 8                     | 0, 006 | 17, 8                      | 0, 007 | 26, 9                      | 0, 010 | 25, 0                     | 0, 010 |
| Chamalières           | 31, 2                     | 0, 012 | 27, 3                     | 0, 011 | 32, 5                      | 0, 013 | 32, 9                      | 0, 013 | 30, 3                     | 0, 012 |

ACIDITE FORTE : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m3 ( mcg/m3 ) et ppm.  
d'anhydride sulfureux.

TAB LEAU 40

Octobre 1970

|                       | 45e semaine<br>du 5 au 11 |       | 46e semaine<br>du 12 au 18 |       | 47e semaine<br>du 19 au 25 |       | 48e semaine<br>du 26 au 1 |       |
|-----------------------|---------------------------|-------|----------------------------|-------|----------------------------|-------|---------------------------|-------|
|                       | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm   |
| Laboratoire Municipal | 24,0                      | 0,009 | 29,6                       | 0,011 | 37,9                       | 0,015 | 69,9                      | 0,027 |
| Saint-Jacques         | 18,0                      | 0,007 | 21,5                       | 0,008 | 50,4                       | 0,019 | 76,0                      | 0,029 |
| Aulnat                | 23,3                      | 0,009 | 29,5                       | 0,011 | 43,0                       | 0,017 | 21,4                      | 0,008 |
| Cité Administrative   | 23,8                      | 0,009 | 28,3                       | 0,011 | 35,0                       | 0,013 | 76,2                      | 0,029 |
| Chamalières           | 26,6                      | 0,010 | 36,1                       | 0,014 | 47,2                       | 0,018 | 93,3                      | 0,036 |

ACIDITE FORTE : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ) et ppm d'anhydride sulfureux.

TABLEAU 41

Novembre 1970

|                       | 49e semaine<br>du 2 au 8 |       | 50e semaine<br>du 9 au 15 |       | 51e semaine<br>du 16 au 22 |       | 52e semaine<br>du 23 au 29 |       |
|-----------------------|--------------------------|-------|---------------------------|-------|----------------------------|-------|----------------------------|-------|
|                       | mcg/<br>m <sup>3</sup>   | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>    | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm   | mcg/<br>m <sup>3</sup>     | ppm   |
| Laboratoire Municipal | 65,0                     | 0,025 | 26,5                      | 0,010 | 49,1                       | 0,019 | 104,5                      | 0,040 |
| Saint-Jacques         | 56,4                     | 0,022 | 22,2                      | 0,009 | 23,1                       | 0,009 | 89,4                       | 0,034 |
| Aulnat                | 26,9                     | 0,010 | 8,7                       | 0,003 | 26,2                       | 0,010 | Panne                      | Panne |
| Cité Administrative   | 51,5                     | 0,020 | 25,6                      | 0,010 | 52,0                       | 0,020 | 90,8                       | 0,035 |
| Chamalières           | 76,6                     | 0,029 | 45,4                      | 0,017 | 47,6                       | 0,018 | 102,8                      | 0,040 |

ACIDITE FORTE : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ) et ppm d'anhydride sulfureux.

# TAB LEAU 42

Décembre 1969

|                       | 1re semaine<br>du 1 au 7 | 2e semaine<br>du 8 au 14 | 3e semaine<br>du 15 au 21 | 4e semaine<br>du 22 au 28 | 5e semaine<br>du 29 au 4 |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Laboratoire Municipal | 61, 9                    | 133, 5                   | 76, 7                     | 87, 1                     | 191, 5                   |
| Saint-Jacques         | 18, 9                    | 79, 2                    | 35, 4                     | 37, 1                     | 134, 1                   |
| Aulnat                | 6, 9                     | 12, 0                    | 15, 3                     | 9, 7                      | 34, 8                    |

FUMÉES : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ).

TABLEAU 43

Janvier 1970

|                       | 6e semaine<br>du 5 au 11 | 7e semaine<br>du 12 au 18 | 8e semaine<br>du 19 au 25 | 9e semaine<br>du 26 au 1 |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Laboratoire Municipal | 42, 6                    | 82, 6                     | 116, 9                    | 75, 9                    |
| Saint-Jacques         | 44, 2                    | 39, 7                     | 96, 6                     | 70, 7                    |
| Aulnat                | 7, 7                     | 10, 0                     | 33, 6                     | 17, 1                    |

FUMÉES : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m3 ( mcg/m3 )



TABLEAU 45

Mars 1970

|                       | 14e semaine<br>du 2 au 8 | 15e semaine<br>du 9 au 15 | 16e semaine<br>du 16 au 22 | 17e semaine<br>du 23 au 29 |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                       | 31, 4                    | 87, 5                     | 29, 0                      | 36, 7                      |
| Laboratoire Municipal |                          |                           |                            |                            |
| Saint-Jacques         | 12, 8                    | 31, 5                     | 12, 6                      | 12, 9                      |
| Aulnat                | 1, 4                     | 3, 9                      | 0, 9                       | 2, 0                       |
| Cité Administrative   | -                        | -                         | -                          | 33, 3                      |

FUMÉES : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ).

TABLÉAU 46

Avril 1970

|                       | 18e semaine<br>du 30 au 5 | 19e semaine<br>du 6 au 12 | 20e semaine<br>du 13 au 19 | 21e semaine<br>du 20 au 26 | 22e semaine<br>du 27 au 3 |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Laboratoire Municipal | 15, 3                     | 21, 0                     | 40, 9                      | 17, 4                      | 15, 0                     |
| Saint-Jacques         | 1, 4                      | 10, 1                     | 22, 8                      | 7, 0                       | 5, 0                      |
| Aulnat                | 1, 7                      | 1, 1                      | 8, 8                       | 1, 7                       | 2, 9                      |
| Cité Administrative   | 22, 8                     | 32, 2                     | 33, 4                      | 23, 7                      | 11, 8                     |

FUMÉES : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m3 ( mcg/m3 ).

TABLEAU 47

Mai 1970

|                       | 23e semaine<br>du 4 au 10 | 24e semaine<br>du 11 au 17 | 25e semaine<br>du 18 au 24 | 26e semaine<br>du 25 au 31 |
|-----------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Laboratoire Municipal | 13, 0                     | 16, 7                      | 15, 5                      | 21, 9                      |
| Saint-Jacques         | 6, 2                      | 7, 6                       | 11, 0                      | 12, 9                      |
| Aulnat                | 5, 7                      | 6, 1                       | 5, 3                       | 7, 0                       |
| Cité Administrative   | 13, 0                     | 11, 0                      | 18, 8                      | 17, 0                      |

FUMÉES : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ).

TABLEAU 48

Juin 1970

|                       | 27e semaine<br>du 1 au 7 | 28e semaine<br>du 8 au 14 | 29e semaine<br>du 15 au 21 | 30e semaine<br>du 22 au 28 |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Laboratoire Municipal | 13, 9                    | 18, 5                     | 20, 5                      | 15, 4                      |
| Saint-Jacques         | 11, 8                    | 17, 5                     | 13, 0                      | 10, 3                      |
| Aulnat                | 4, 7                     | 7, 9                      | 3, 8                       | 6, 9                       |
| Cité Administrative   | 13, 6                    | 23, 1                     | 21, 8                      | 21, 3                      |

FUMEEES : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ).

TAB LEAU 49

Juillet 1970

|                       | 31e semaine<br>du 29 au 5 | 32e semaine<br>du 6 au 12 | 33e semaine<br>du 13 au 19 | 34e semaine<br>du 20 au 26 | 35e semaine<br>du 27 au 2 |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Laboratoire Municipal | 13, 3                     | -                         | -                          | 9, 9                       | 17, 6                     |
| Saint-Jacques         | 7, 3                      | 8, 9                      | 7, 5                       | 8, 3                       | 15, 4                     |
| Aulnat                | 4, 9                      | 6, 6                      | 5, 9                       | 7, 3                       | 7, 6                      |
| Cité Administrative   | 7, 5                      | 15, 9                     | 6, 9                       | 8, 7                       | 11, 8                     |
| Chamalières           | -                         | -                         | -                          | 17, 2                      | 21, 0                     |

FUMEES : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m3 ( mcg/m3 ).

TAB LEAU 50

Aout 1970

|                       | 36e semaine<br>du 3 au 9 | 37e semaine<br>du 10 au 16 | 38e semaine<br>du 17 au 23 | 39e semaine<br>du 24 au 30 |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Laboratoire Municipal | 14, 6                    | 19, 2                      | 12, 0                      | 20, 1                      |
| Saint-Jacques         | 10, 3                    | 10, 7                      | 5, 1                       | 15, 5                      |
| Aulnat                | 8, 3                     | 10, 7                      | 6, 7                       | 6, 1                       |
| Cité Administrative   | 12, 1                    | 13, 8                      | 5, 1                       | 28, 7                      |
| Chamalières           | 9, 3                     | 11, 4                      | 9, 2                       | 23, 1                      |

FUMEES : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m3 ( mcg/m3 )

# TAB LEAU 51

Septembre 1970

|                       | 40e semaine<br>du 31 au 6 | 41e semaine<br>du 7 au 13 | 42e semaine<br>du 14 au 20 | 43e semaine<br>du 21 au 27 | 44e semaine<br>du 28 au 4 |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Laboratoire Municipal | 21, 3                     | 14, 1                     | 21, 7                      | 58, 0                      | 16, 5                     |
| Saint-Jacques         | 14, 4                     | 12, 2                     | 22, 5                      | 40, 0                      | 11, 4                     |
| Aulnat                | 13, 7                     | 9, 0                      | 16, 8                      | 21, 4                      | 14, 4                     |
| Cité administrative   | 39, 1                     | 16, 1                     | 26, 5                      | 43, 2                      | 28, 5                     |
| Chamalières           | 23, 3                     | 16, 9                     | 21, 3                      | 58, 3                      | 21, 0                     |

FUMÉES : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m3 ( mcg/m3 ).

TABLEAU 52

Octobre 1970

|                       | 45e semaine<br>du 5 au 11 | 46e semaine<br>du 12 au 18 | 47e semaine<br>du 19 au 25 | 48e semaine<br>du 26 au 1er |
|-----------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Laboratoire Municipal | 33, 3                     | 57, 0                      | 36, 3                      | 95, 5                       |
| Saint-Jacques         | 15, 9                     | 54, 3                      | 39, 2                      | 68, 5                       |
| Aulnat                | 37, 1                     | 33, 3                      | 24, 3                      | 31, 1                       |
| Cité Administrative   | 48, 2                     | 50, 1                      | 35, 5                      | 105, 2                      |
| Chamalières           | 49, 9                     | 64, 1                      | 38, 1                      | 152, 6                      |

FUMÉES : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m3 ( mcg/m3 ).

# TABEAU 53

Novembre 1970

|                       | 49e semaine<br>du 2 au 8 | 50e semaine<br>du 9 au 15 | 51e semaine<br>du 16 au 22 | 52e semaine<br>du 23 au 29 |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                       |                          |                           |                            |                            |
| Laboratoire Municipal | 50, 3                    | 15, 4                     | 36, 4                      | 109, 9                     |
| Saint-Jacques         | 39, 9                    | 9, 2                      | 5, 1                       | 85, 2                      |
| Aulnat                | 19, 5                    | 6, 5                      | 21, 0                      | Panne                      |
| Cité Administrative   | 34, 5                    | 21, 5                     | 47, 0                      | 116, 3                     |
| Chamalières           | 86, 9                    | 45, 8                     | 38, 6                      | 112, 7                     |

FUMÉES : Moyennes hebdomadaires exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ).

TABLEAU 54

| Postes                   | Date                 | mcg/<br>m <sup>3</sup> | ppm   |
|--------------------------|----------------------|------------------------|-------|
| I- Laboratoire municipal | 20 - 01 - 1970       | 338                    | 0,130 |
| II - Saint-Jacques       | 9 - 01 - 1970        | 315                    | 0,121 |
| III - Aulnat             | 17 et 18 - 01 - 1970 | 122                    | 0,046 |
| IV - Cité Administrative | 23 - 11 - 1970       | 171                    | 0,060 |
| V- Chamalières           | 27 - 11 - 1970       | 194                    | 0,070 |

ACIDITE FORTE :/ Valeurs maximales exprimées en micro-grammes/m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ) et ppm d'anhydride sulfureux.

TABLEAU 55

---

| Postes                   | Date               | mcg/m3 |
|--------------------------|--------------------|--------|
| I- Laboratoire Municipal | 11 - 12 - 1969     | 600    |
| II- Saint-Jacques        | 29 - 12 - 1969     | 302    |
| III- Aulnat              | 29 - 12 - 1969     | 151    |
| IV- Cité Administrative  | 26 - 11 - 1970     | 230    |
| V- Chamalières           | 7 et 8 - 11 - 1970 | 236    |

FUMEES : Valeurs maximales exprimées en microgrammes/  
m3. ( mcg/m3 ).

TABLEAU 56

|                                                      |       | Poste I                         | Poste II          | Poste III | Poste IV                    | Poste V          |
|------------------------------------------------------|-------|---------------------------------|-------------------|-----------|-----------------------------|------------------|
|                                                      |       | Labora-<br>toire Mu-<br>nicipal | Saint-<br>Jacques | Aulnat    | Cité<br>Adminis-<br>trative | Chama-<br>lières |
| Octobre                                              | 1970  | 0                               | 0                 | 3         | 0                           | 3                |
| Novembre                                             | 1970  | 0                               | 0                 | 1         | 0                           | 0                |
| Décembre                                             | 1969  | 10                              | 20                | 24        |                             |                  |
| Janvier                                              | 1970  | 0                               | 3                 | 13        |                             |                  |
| Février                                              | 1970  | 1                               | 2                 | 2         |                             |                  |
| Mars                                                 | 1970  | 0                               | 0                 | 0         | 0                           |                  |
| Avril                                                | 1970  | 0                               | 0                 | 0         | 0                           |                  |
| Mai                                                  | 1970  | 0                               | 0                 | 1         | 0                           |                  |
| Juin                                                 | 1970  | 0                               | 0                 | 0         | 0                           |                  |
| Juillet                                              | 1970  | 0                               | 1                 | 0         | 0                           | 1                |
| Août                                                 | 1970  | 0                               | 1                 | 2         | 0                           | 1                |
| Septembre                                            | 1970  | 0                               | 2                 | 3         | 0                           | 1                |
| Nombre total de<br>mesures alcalines                 | jours | 11                              | 29                | 49        | 0                           | 6                |
|                                                      | %     | 4, 5                            | 9, 5              | 16, 5     |                             | 4, 6             |
| Nombre total de<br>mesures ( acides +<br>alcalines ) |       | 245                             | 303               | 297       | 205                         | 129              |

REPARTITION DES MESURES OU UNE ALCALINITE DE L'EAU OXYGENEE  
A ETE CONSTATEE.

## II - LA DISCUSSION.

### A - L'oxyde de carbone.

La méthode de déterminations instantanées isolées, que nous avons employé, est certes criticable, mais elle était la seule que nous pouvions mettre en œuvre. Aussi, pour en minimiser ses imperfections, avons-nous suivi un protocole rigoureux :

#### *1) Les différentes concentrations.*

##### a) Faibles.

Les taux d'oxyde de carbone les plus faibles ont été observés en général à la périphérie de l'agglomération :

*Point n° 5* - Bellombre -

qui est situé sur les côtes de Clermont.

*Point n° 14* - Place Allard -

face au café « La Station »

*Point n° 15* - Avenue thermale -

*Point n° 16* - Avenue de Villars -

à l'angle de l'avenue thermale et de cette avenue.

ainsi qu'au

*Point n° 1* - Laboratoire municipal -

qui occupe maintenant une position centrale dans la ville.

Là, le prélèvement est effectué dans la cour, à une dizaine de mètres de la rue, ce qui peut expliquer sa faible teneur. Cette

constatation nous amène à insister tout particulièrement sur l'utilité des artères avec de larges trottoirs et du recul des maisons par rapport à la rue ainsi que sur la nécessité de développer les espaces verts autour des immeubles.

#### b) Elevées.

Les teneurs en oxyde de carbone les plus élevées, ont été notées aux points les plus centraux de l'agglomération.

#### *Point n° 3 :- Hôtel de Ville -*

Le prélèvement est fait au pied du miroir. La topographie de ce carrefour est certainement le facteur responsable du taux de CO élevé. La présence simultanée de rues étroites et d'une rue à forte déclivité contribuent au ralentissement et même à l'arrêt des véhicules automobiles. Tous ces facteurs élèvent le taux d'oxyde de carbone.

#### *Point n° 4 :- Place Gaillard -*

L'air est prélevé sur la cotè ouest du kiosque des journaux. C'est un vaste carrefour sans feux de signalisation, ce qui provoque de nombreux embouteillages.

#### *Point n° 12 :- Banque de France -*

Le prélèvement est effectué devant le n° 2 du boulevard Duclaux. Le carrefour est à cinq voies de circulation. Les feux de signalisation fonctionnant en trois temps, déclenchent chez les automobilistes un réflexe de démarrage prématuré par rapport à leur feu vert, d'où accélération. Ce facteur, ajouté au ralenti, augmente considérablement le taux d'oxyde de carbone.

#### c) Intermédiaires.

Les autres points étudiés ont une pollution intermédiaire :

*Point n° 2 ♠ Ancienne Préfecture -*

Elle est située entre deux axes de circulation importante. Le lieu de prélèvement ( au niveau des escaliers ) légèrement en retrait des deux voies explique le taux relativement faible de CO.

*Point n° 6 - Place des Carmes -*

L'échantillon prélevé au niveau du panneau « Riom », malgré un trafic normal de l'ordre de 1600 à 2000 véhicules/heure révèle un taux d'oxyde de carbone pas très élevé, du fait de l'excellente ventilation de ce carrefour.

*Point n° 7 - Place de la Fontaine -*

Le lieu du prélèvement se situe à côté de l'arrêt des autobus. L'aération ajoutée à la relative fluidité de la circulation des véhicules et du retrait du lieu de prélèvement, contribuent à expliquer les valeurs trouvées.

*Point n° 8 - Herbet -*

Le prélèvement est effectué à l'angle de la rue Saint-Jean et de l'avenue Edouard Michelin. Les concentrations en oxyde de carbone sont fort irrégulières ; elles dépendent essentiellement de la présence ou de l'absence de véhicules automobiles ( très nombreux poids lourds ) car ce grand carrefour, par sa position périphérique ( absence de grands immeubles - voies d'accès larges ) est très aéré.

*Point n° 9 - Viaduc Saint-Jacques -*

C'est à l'angle de la rue Desdevises ( du Désert ) et du Viaduc que les prélèvements ont été faits. La circulation y est peu dense et très fluide, mais surtout la ventilation est très forte. Ces facteurs induisent une concentration faible.

*Point n° 10 - Boulevard Lafayette - Côte Blatin -*

La position reculée du lieu de prélèvement ( en face de l'économat ), par rapport à la configuration du carrefour explique les taux peu élevés.

*Point n° 11 - Jeanne d'Arc -*

La prise d'air est faite devant les escaliers de l'église. La circulation fluide sur le boulevard, source elle-même de ventilation, jointe à l'éloignement du point de prélèvement, explique les faibles valeurs observées.

*Point n° 13 - Avenue de Royat - n° 30*

L'air est prélevé en face du marchand de journaux. Les taux d'oxyde de carbone déterminés, dépendent essentiellement de la circulation, relativement peu nombreuse, mais souvent ralentie.

*2) Les facteurs intervenant dans la concentration.*

Ces quelques considérations, à propos des seize points de prélèvement, montrent la complexité des facteurs intervenant sur la concentration en oxyde de carbone.

a) Facteur automobile :

- importance et qualité du trafic ( dense ou fluide ).
- qualité des gaz d'échappement : moteur à essence, moteur au Diésel, et surtout régime du moteur en fonction de la vitesse de circulation.

b) Facteur géographique :

- lieu du prélèvement : centre - périphérie .
- caractéristiques de la rue : largeur, hauteur des immeubles, orientation, ventilation.

c) Facteur météorologique : ( saison : été - hiver )

- vent : ( direction - vitesse ) et température qui agissent sur le mouvement des masses d'air, et par conséquent sur la diffusion et la dilution des polluants.

- brumes et brouillards .

- inversion de température : normalement, la température de l'air décroît quand l'altitude augmente et, créant de ce fait, un continuel brassage vertical de l'atmosphère ; les couches basses ( les plus chaudes donc les moins denses ) s'élèvent et les couches hautes descendent. Dans des conditions exceptionnelles, la température croît avec l'altitude, c'est alors l'inversion de température. Au-dessous du plafond d'inversion l'atmosphère est en équilibre stable. L'ascension normale de l'air pollué ne se produit plus , la pollution stagne, s'accumule, donc augmente.

3) *Commentaire de nos résultats ( comparaison avec d'autres ville*

d) Facteur topographique.

L'influence plus ou moins importante de ces différents facteurs apparait sur les courbes hebdomadaires parmi lesquelles nous avons retenu les dix plus caractéristiques .

Sur les courbes hebdomadaires « hivernales » :

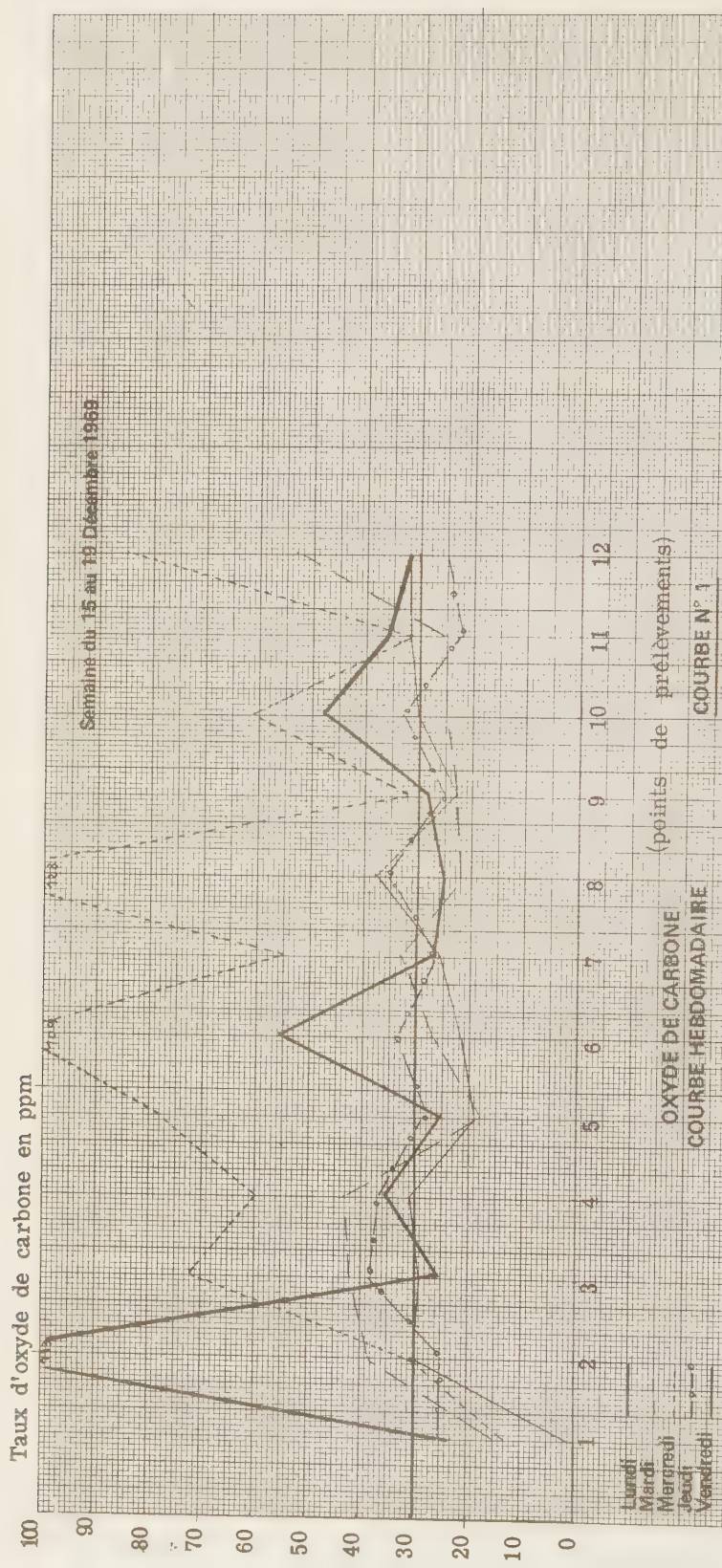
du 15 au 19 décembre 1969 ( 7e semaine - courbe n° 1 )

du 29 décembre au 2 janvier 1970 ( 9e semaine - courbe n° 2 )

du 19 au 23 janvier 1970 ( 12e semaine - courbe n° 3 )

du 26 au 30 janvier 1970 ( 13e semaine - courbe n° 4 ), nous pouvons remarquer que la plupart des concentrations en oxyde de carbone sont supérieures à 30 ppm quels que soient le site considéré et le jour de la semaine. La fréquence des maxima supérieurs à 100 ppm est élevée ( tableau 23 et 22 )

Taux d'oxyde de carbone en ppm



Lundi  
Mardi  
Mercredi  
Jeudi  
Vendredi

OXYDE DE CARBONE  
COURBE HESDOMADAIRE

(points de prélèvements)  
COURBE N° 1

taux d'oxyde de carbone en ppm

100

Semaine du 29 décembre au 2 janvier 1970

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

Lundi

Mardi

Mercredi

Jeudi

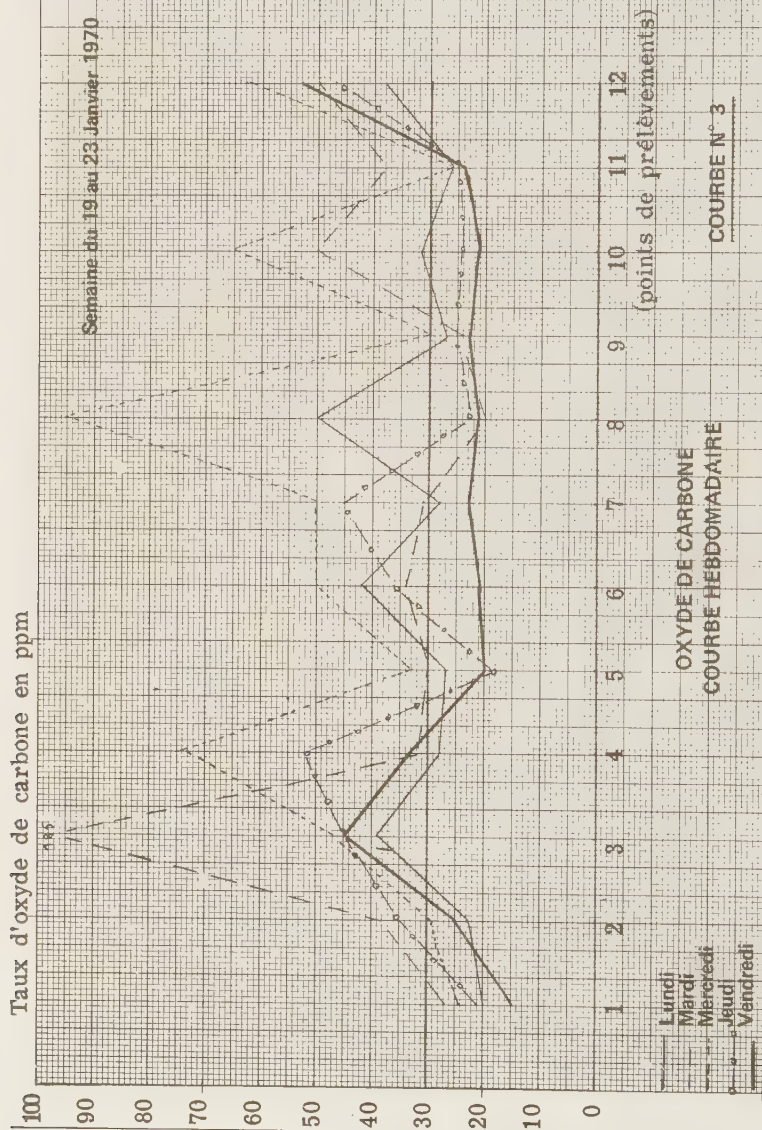
Vendredi

OXYDE DE CARBONE  
COURBE HEBDOMADAIRE

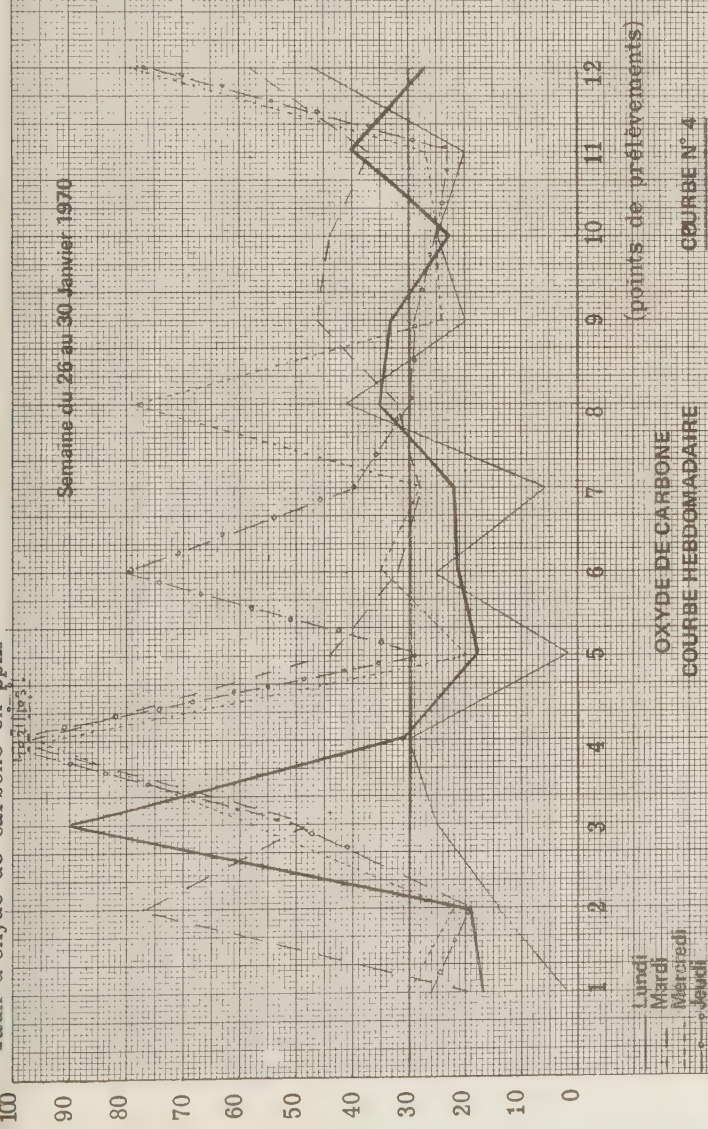
(points de prélèvements)

COURBE N° 2

Taux d'oxyde de carbone en ppm



Semaine du 26 au 30 Janvier 1970



Lundi  
Mardi  
Mercredi  
Jeudi  
Vendredi



Taux d'oxyde de carbone en ppm

Semaine du 9 au 13 Février 1970

(points de prélèvements)

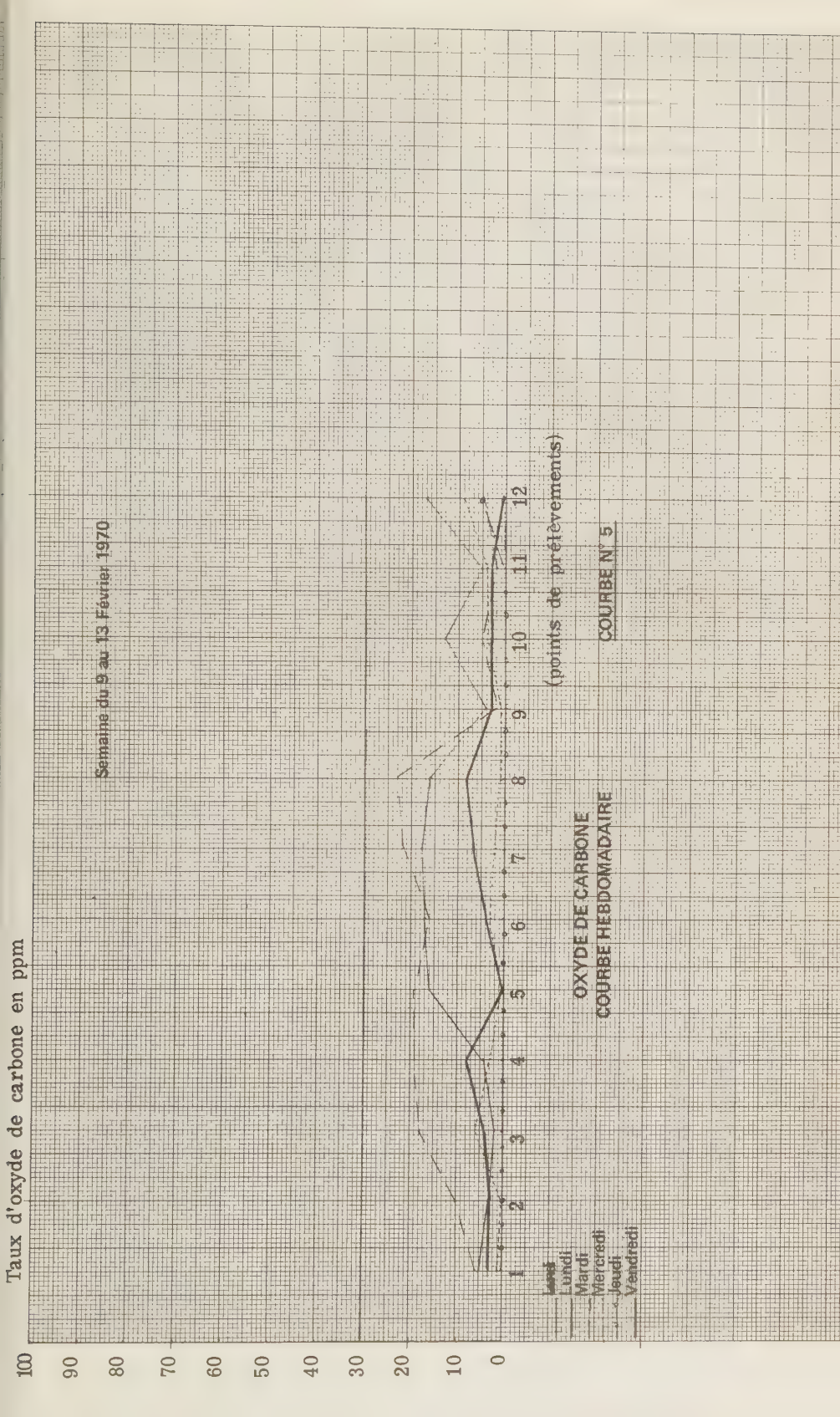
OXYDE DE CARBONE  
COURBE HEBDOMADAIRE

COURBE N° 5

Lundi  
Mardi  
Mercredi  
Jeudi  
Vendredi

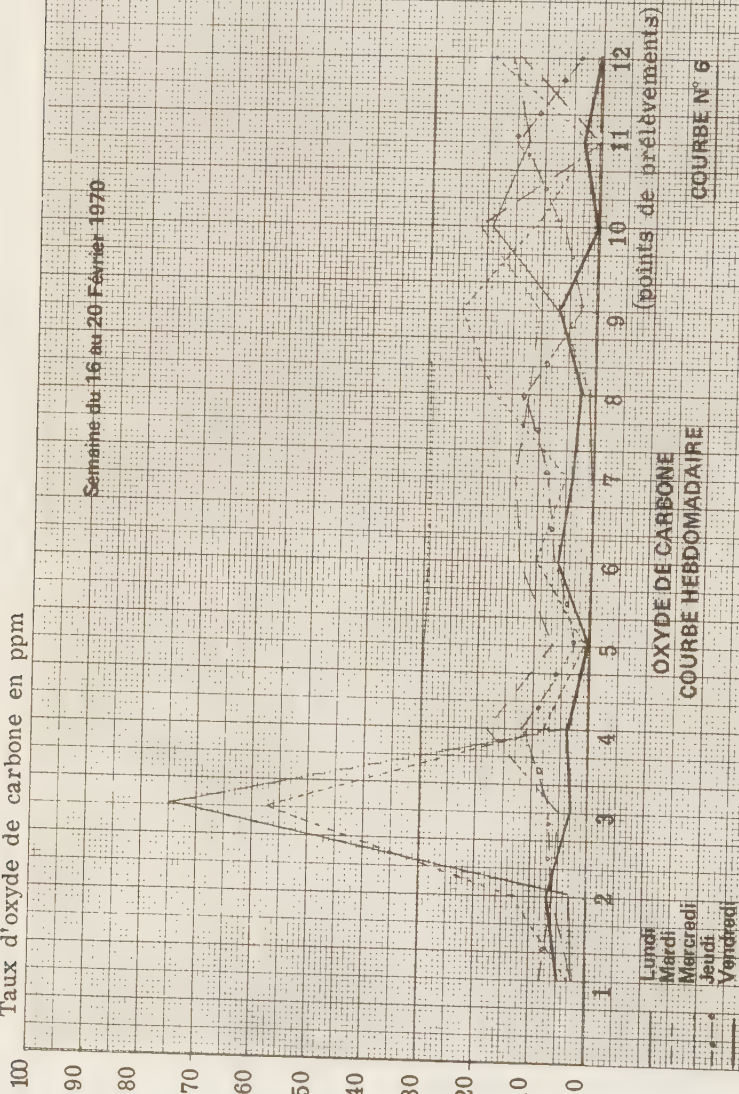
100  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10  
0

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12



Taux d'oxyde de carbone en ppm

Semaine du 16 au 20 Février 1970



Taux d'oxyde de carbone

Semaine du 27 au 31 Juillet 1970

OXYDE DE CARBONE  
COURBE HEBDOMADAIRE

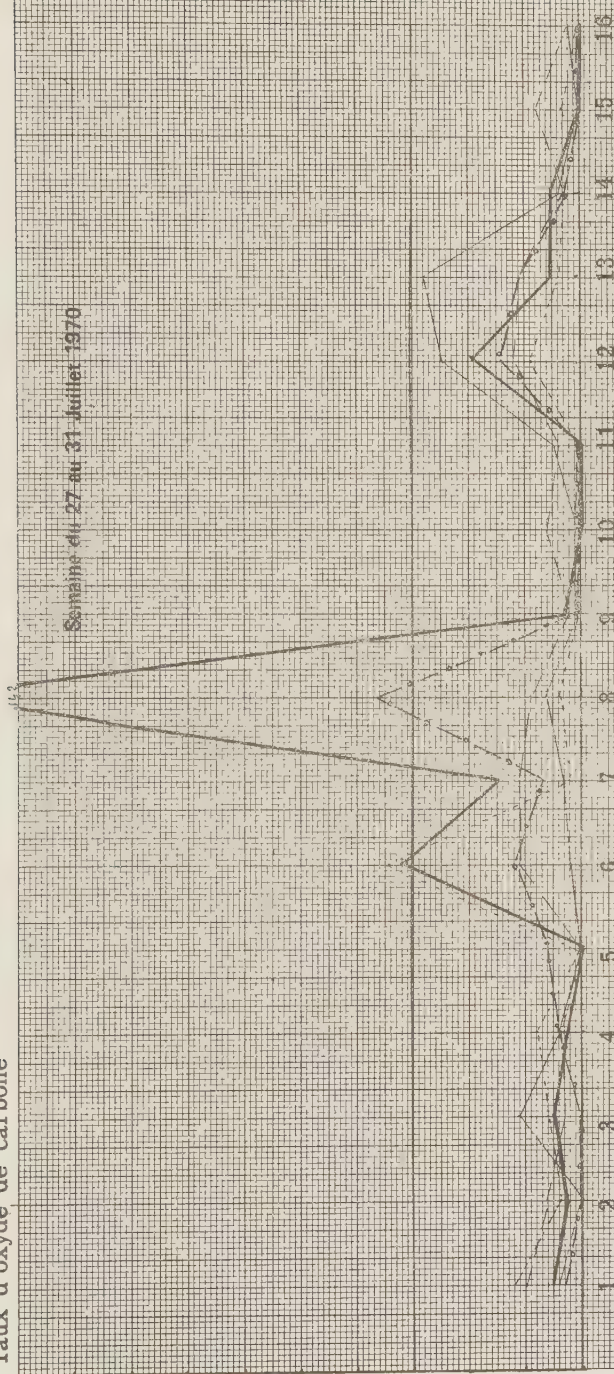
(points de prélèvements)

COURBE N° 7

Lundi  
Mardi  
Mercredi  
Jeudi  
Vendredi

100  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10  
0

16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1



Taux d'oxyde de carbone en ppm

Semaine du 17 au 21 Août 1970

OXYDE DE CARBONE  
COURBE HEBDOMADAIRE

(points de prélèvements)

COURBE N° 8

Lundi  
Mardi  
Mercredi  
Jeudi  
Vendredi

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

qui retardent la dispersion des polluants ont peut être contribué à maintenir momentanément une concentration en CO élevée au point d'émission des gaz d'échappement des véhicules automobiles. Ceci pourrait justifier l'allure des courbes n° 9 et n° 10.

Les conditions climatiques ont un effet considérable sur le taux moyen de la pollution atmosphérique. On peut estimer que l'importance du trafic automobile a été sensiblement constant pendant toute l'année, donc les variations des teneurs en CO dépendent étroitement des variations climatiques. La comparaison des taux de CO en été et en hiver le confirme. Par contre à Paris en 1969, on ne peut pas définir une tendance générale de la pollution par les automobiles en fonction des saisons ( 72 ). Ainsi l'agglomération clermontoise aurait une pollution atmosphérique plus sensible à l'influence des saisons, du fait peut être de son site particulier.

Nous avons déjà mentionné, dans le premier chapitre, les différentes valeurs attribuées à la concentration maximum admissible en oxyde de carbone, selon les pays, ce qui reflète bien la complexité de ce problème. Toutefois si on considère une concentration de 30 ppm comme niveau sérieux, cette limite est atteinte très souvent dans de nombreux points en hiver.

Par une journée du mois de décembre, au ciel gris et bas, nous avons réalisé l'expérience suivante, à la place des Carmes ( courbe n° 11 ) :

de six heure à vingt heure , sans interruption, nous avons fait 280 prélèvements, soit 1 échantillon toutes les 3 minutes. Les concentrations maximales de CO se situent vers 18 h. et les concentrations minimales entre 14 h. et 15 h., heure choisie pour notre étude.

Nos prélèvements ont donc été réalisés semble-t-il à une heure où le degré de pollution n'est pas le plus élevé. Il est nécessaire d'en tenir compte, lors de l'interprétation, du fait que les concentrations relevées, ne sont sûrement pas les plus hautes de la journée.

Taux d'oxyde de carbone en ppm.

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

Semaine du 19 au 23 Octobre 1970

Lundi

Mardi

Mercredi

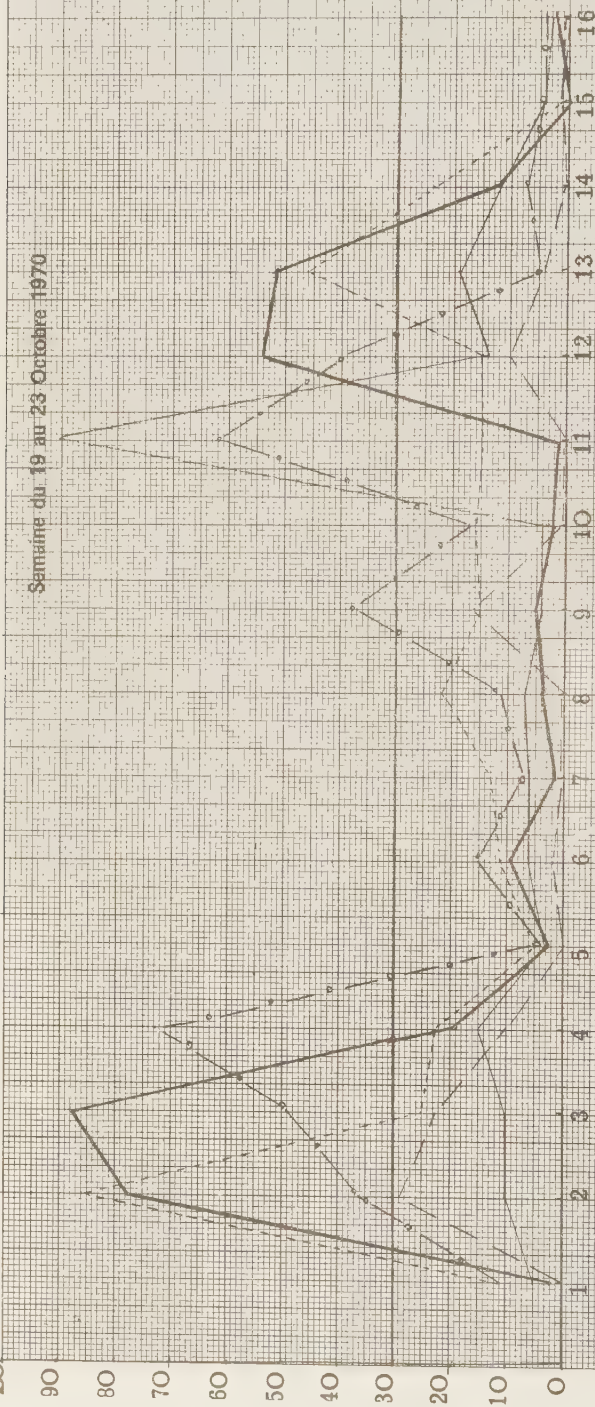
Jeudi

Vendredi

OXYDE DE CARBONE  
COURBE HEBDOMADAIRE

(points de prélèvements)

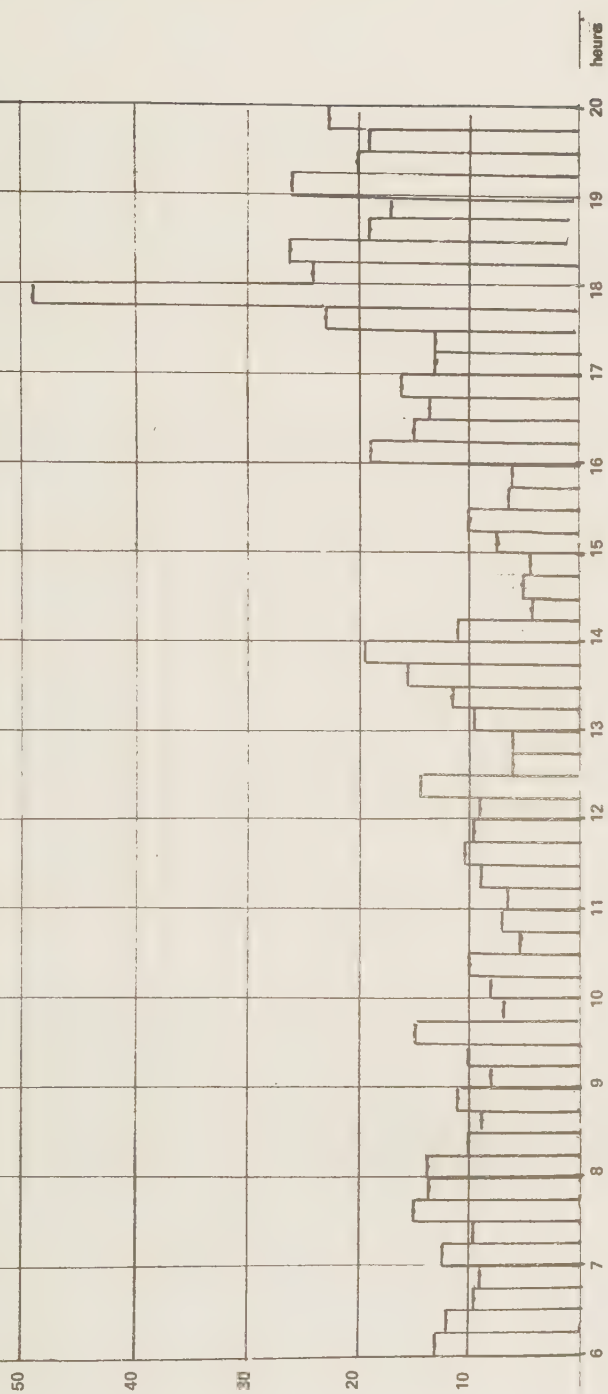
COURBE N° 10



Taux d'oxyde de carbone en ppm.

COURBE N° 11

VARIATION DES TAUX DE CO EN FONCTION DES HEURES.  
EXPERIENCE REALISEE EN DECEMBRE 1969 PLACE DES CARMES.



La moyenne générale des teneurs en mono-oxyde de carbone des 3560 prélèvements est de 13,15 ppm. Dans la terminologie du Laboratoire central de la Préfecture de Police à Paris, ce taux moyen annuel correspond à des niveaux « modérés » de pollution de l'air et d'imprégnation oxycarbonée des populations. Comparé à celui trouvé dans certaines autres villes, il serait légèrement plus faible ( tableau 57 ).

Tableau 57 — Moyennes générales des teneurs en oxyde de carbone ( exprimées en ppm ) pour différentes villes.

| Années                     | 1970  | 1969 | 1968 | 1967 | 1966 | 1965 | 1961 | 1959 |
|----------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Villes                     |       |      |      |      |      |      |      |      |
| Agglomération clermontoise | 13,15 |      |      |      |      |      |      |      |
| Paris                      |       | 20,1 | 24,4 | 25,9 | 24,6 | 24,3 | 19,9 | 14,8 |
| Bordeaux (28)              |       |      | 21,6 |      |      |      |      |      |
| Lausanne (16)              |       |      |      |      | 9    |      |      |      |

Toutefois cette moyenne annuelle ( tableau 6, courbe 12 ) masque un certain nombre de faits qu'il ne faut pas ignorer. Certains points atteignent ( Préfecture, Hôtel de Ville, place Gail-  
lard ) le niveau notable de 20 ppm. ou le dépassent ( carrefour de  
la Banque de France ) ( tableau 8 et 9 et courbe 13 ).

Mais il est surtout fort instructif de voir que, pendant les six mois de la période hivernale ( tableau 7 et courbe 14 ), ce sont la plupart des points qui présentent soit des valeurs moyennes « notables » aux environs de 20 ppm., ou entre 20 et 30 ppm., ont des valeurs du niveau sérieux de 30 ppm ( tableaux 10 à 21 ) niveau

# OXYDE DE CARBONE

## MOYENNE ANNUELLE PAR POSTE

Taux d'oxyde de carbone en ppm

Très sérieux 80

élevé 60

assez élevé 40

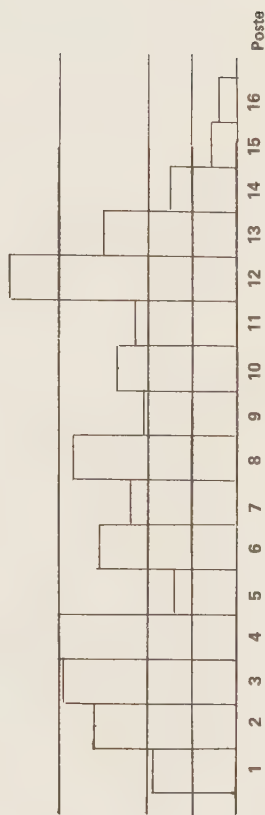
sérieux 30

notable 20

modéré 10

faible 5

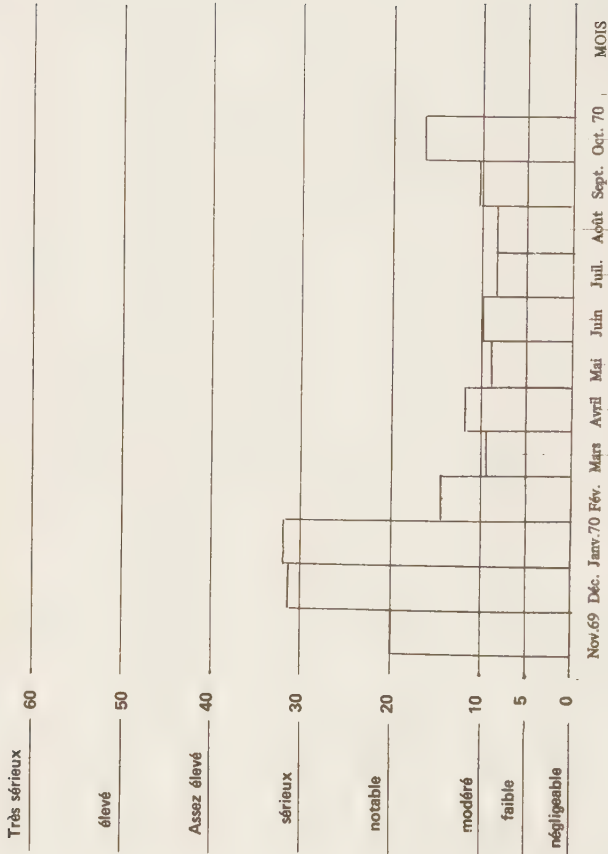
négligeable 0



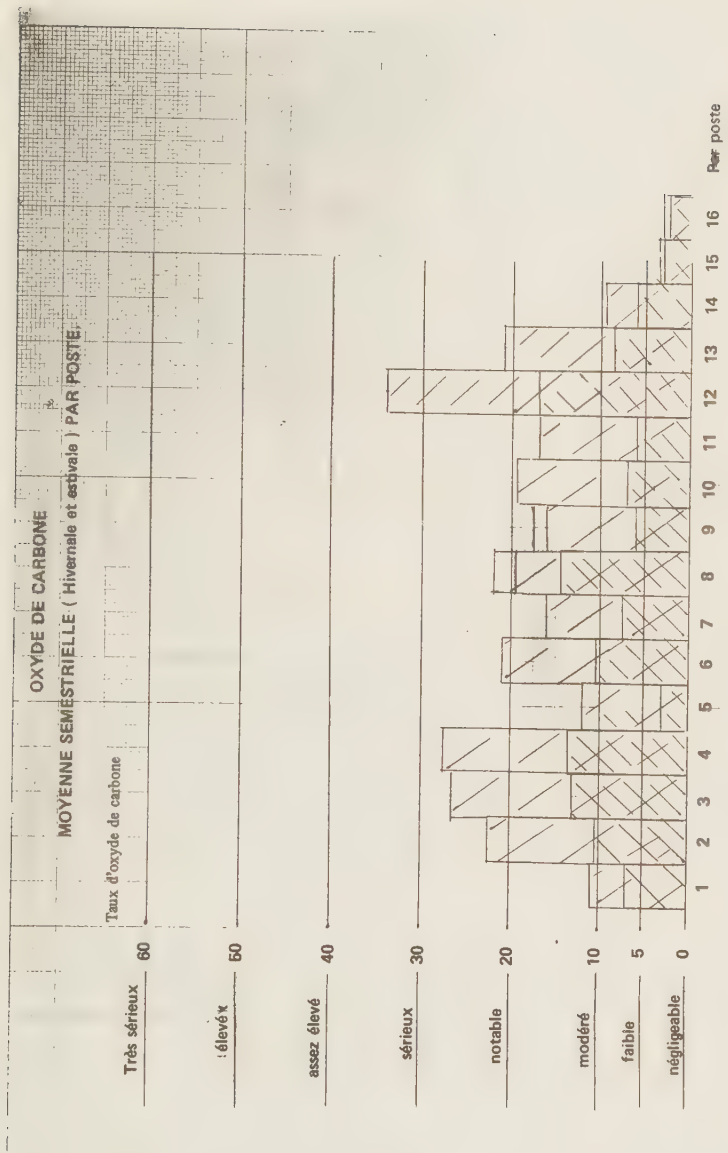
COURBE N° 12

# OXYDE DE CARBONE MOYENNE MENSUELLE GÉNÉRALE

Taux d'oxyde de carbone en ppm



COURBE N° 13



COURBE N° 14

Moyenne hivernale

Moyenne estivale

qui en Californie ne doit pas être dépassé plus de 8 heures ( tableau 4 ). Enfin la répartition des résultats obtenus selon la fréquence avec laquelle les diverses teneurs en monoxyde de carbone ont été rencontrées, montre que ces moyennes élevées correspondent bien à une fréquence plus grande de prélèvements riches en CO et donc à un niveau permanent élevé et ne sont pas simplement le fait de quelques concentrations accidentellement très hautes ( tableaux 58 et 23 ). 10 % des mesures effectuées au carrefour de la Banque de France présentent un taux « très sérieux » supérieur à 60 ppm.

### **B - L'acidité forte.**

Avec 1070 dosages, nous avons établi les moyennes hebdomadaires ( tableaux 30 à 41 ), les moyennes mensuelles ( tableau 28 ), les moyennes correspondant arbitrairement à deux périodes de l'année ( tableau 26 ) où l'utilisation des chauffages domestiques est très différente, une période que nous avons qualifiée d'hivernale, d'octobre à mars par opposition à une période dite estivale d'avril à septembre et les moyennes annuelles ( 24 ).

#### *1 - Remarques générales sur les résultats trouvés.*

— On constate, et cette constatation confirme ce que l'on attendait, une diminution brusque ( proche de 50 % ) de la teneur en SO<sub>2</sub> dans la zone urbaine ( postes I et II ) lorsque les foyers domestiques s'éteignent au moment de la période d'été.

— Au contraire, au poste III ( Aulnat ), la pollution ne subit pas les mêmes variations mensuelles et l'influence saisonnière des foyers domestiques ne paraît pas se faire sentir.

TABLEAU 58

| teneur<br>en CO<br>exprimée en<br>ppm. | Agglomération<br>Clermontoise<br>1970 | Paris ( 23 ) |      | Lyon<br>(89) | Bordeaux ( 28 ) |             |
|----------------------------------------|---------------------------------------|--------------|------|--------------|-----------------|-------------|
|                                        |                                       | 1967         | 1969 |              | 1965            | 1967 - 1968 |
| 0 à 5                                  | 39,9                                  | 8,8          | 17,8 | 19,0         | 17,37           |             |
| 6 à 10                                 | 16,5                                  | 16,3         | 19,1 | 20,1         | 24,02           |             |
| 11 à 20                                | 21,1                                  | 30,7         | 30,2 | 26,6         | 17,05           |             |
| 21 à 30                                | 10,4                                  | 17,7         | 15,6 | 22,5         | 16,85           | 26,03       |
| 31 à 40                                | 5,3                                   | 9,3          | 7,0  |              | 9,18            |             |
| 41 à 50                                | 2,9                                   | 5,6          | 4,1  | 11,8         | 8,48            |             |
| 51 à 60                                | 1,4                                   | 3,6          | 2,2  |              | 4,23            |             |
| > 60                                   | 2,5                                   | 8,0          | 4,0  |              | 3,46            |             |

Répartition en % du taux de CO pour différentes villes.

— Il est intéressant de noter pendant les mois de juin, juillet, août et septembre une certaine similitude dans les taux de  $\text{SO}_2$  à tous les postes I, II, III et IV quelle que soit leur situation ( moyenne respective en ppm : 0,0085 - 0,0093 - 0,0082 - 0,0110 ). Il semble donc que l'on puisse admettre ces valeurs comme des valeurs de base permanentes de l'acidité forte (  $\text{SO}_2$  )

— Alors que, au poste III d'Aulnat, que l'on peut considérer comme un poste témoin, peut être plus ventilé que le reste de l'agglomération, la teneur en  $\text{SO}_2$  reste stationnaire ( 0,010 ppm pendant la période hivernale et 0,009 pendant la période estivale ( tableau 26 ), aux postes I et II, les teneurs se trouvent multipliées par 1,8 environ, pendant l'hiver. Cette constatation nous amène à attribuer aux foyers domestiques une grosse part de responsabilité dans cette élévation ( tableau 59 ).

— Hiver comme été, les rapports des teneurs en  $\text{SO}_2$ , entre le poste I et le poste II sont semblables : 1,12 et 1,14 ( tableau 59 ).

## *2 - Commentaires.*

Le facteur « température », non négligeable, n'est pas primordial sur le taux d'acidité forte. Evidemment, plus les températures sont basses, plus l'utilisation des chauffages est grande, plus les risques de pollution sont élevés. Mais le degré réel de la pollution pendant les mois d'hiver dépend beaucoup plus étroitement des conditions météorologiques ( 47 ) : de la présence ou de l'absence des brouillards, de la force du vent. La conjugaison du vent et d'un ciel dégagé, favorise au maximum la dispersion des polluants et donc, réduit au minimum l'intensité de la pollution.

Ainsi peut s'expliquer la chute de la concentration en acidité forte, à tous les postes, au cours du mois de février ; hormis deux périodes froides ( courbe 15 ), du 15 au 17 et du 25 au 28, février a été un mois doux. D'autre part, cette période a été très perturbée : pluies ou neige, accompagnées de nombreux vents forts.

TABLEAU 59

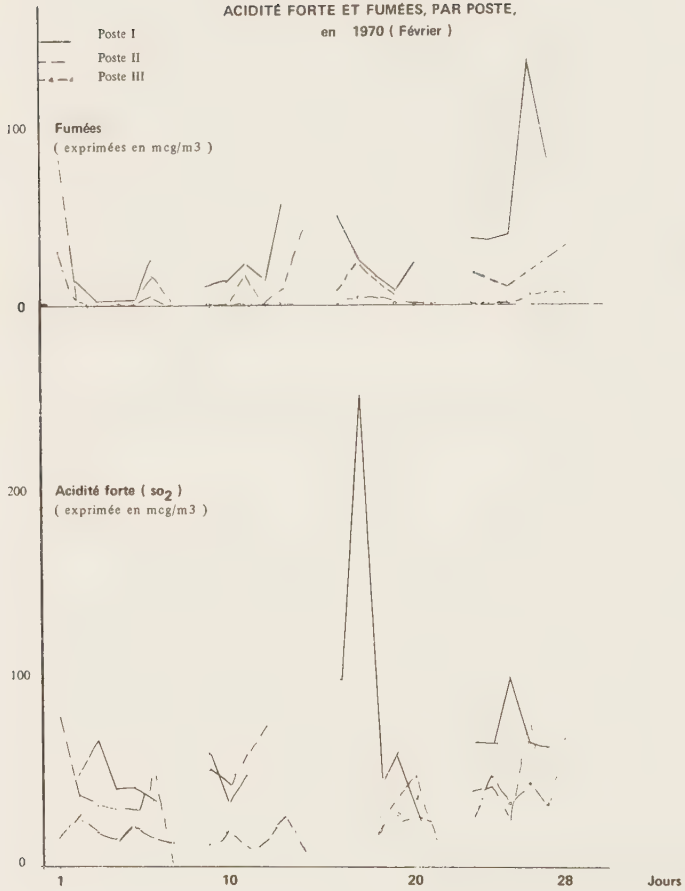
| Rapport<br>Hiver/été | Poste I<br>Laboratoire<br>Municipal |        | Poste II<br>Saint-Jacques |        | Poste III<br>Aulnat |        |
|----------------------|-------------------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------|--------|
|                      | SO <sub>2</sub>                     | Fumées | SO <sub>2</sub>           | Fumées | SO <sub>2</sub>     | Fumées |
|                      | 1, 73                               | 2, 88  | 1, 83                     | 3, 01  | 1, 16               | 1, 67  |

| Rapport<br>Poste I/ Poste II<br><br>Moyenne | SO <sub>2</sub> |       | FUMÉES |       |
|---------------------------------------------|-----------------|-------|--------|-------|
|                                             | Hiver           | Eté   | Hiver  | Eté   |
|                                             | 1, 12           | 1, 14 | 1, 54  | 1, 61 |
|                                             | 1, 13           |       | 1 58   |       |

ACIDITE FORTE ET FUMÉES : Rapport hiver/été et rapport  
poste I/ poste II

COURBE N° 15

ACIDITÉ FORTE ET FUMÉES, PAR POSTE,  
en 1970 ( Février )



En l'absence de brouillards, les vents forts soufflant sur l'agglomération ont pu favoriser le renouvellement des masses d'air et ainsi diminuer l'importance de cette pollution. Le mois de janvier par contre, très riche en brouillards a connu un niveau de pollution très élevé, bien que les températures relevées soient plutôt fortes pour la saison. La moyenne relativement faible du mois de décembre est faussée par un nombre important de mesures ayant présenté une alcalinité de l'eau oxygénée ( tableau 56 ).

La diminution de la pollution au cours de la période estivale est encore accentuée au mois d'août par réduction du nombre des foyers domestiques ( vacances ) et des foyers industriels ( fermeture d'usines ). L'existence de conditions climatiques favorables ( températures élevées, orages ) ajoutée à la pauvreté des émissions en  $SO_2$  , explique le taux minimum enregistré ( courbe 16 ).

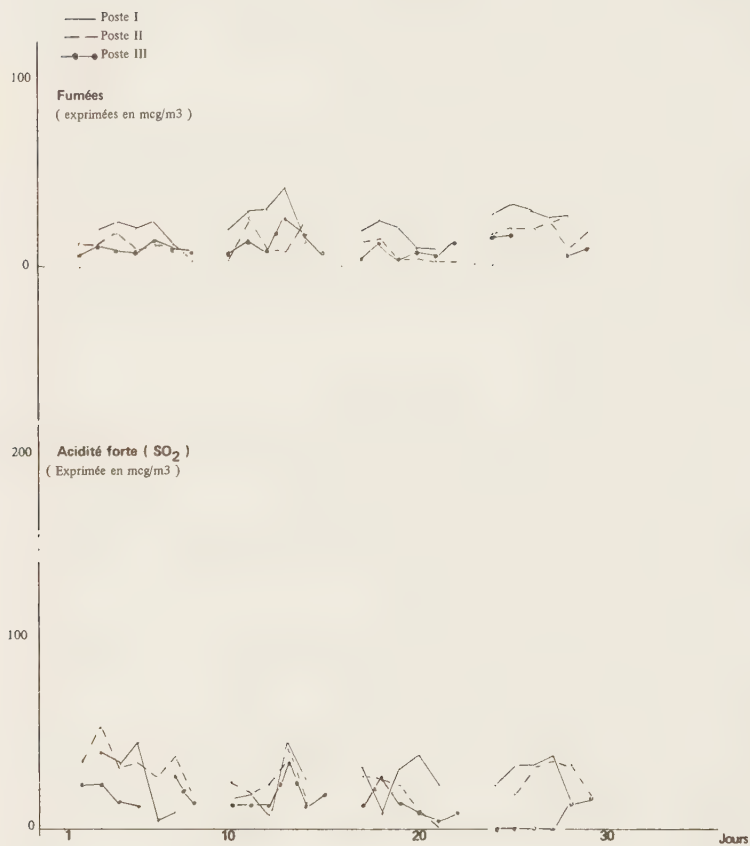
L'étude faite au niveau du poste IV ( Cité administrative ) tend à nous montrer une pollution assez forte, très proche de celle du poste I. Les quelques mois étudiés, au poste V ( Chamalières ) révèlent une pollution notable et les moyennes obtenues d'avril à novembre 1970 sont les plus élevées de l'agglomération ( tableau 28 ) les plus faibles étant à Aulnat.

Il aurait été intéressant certes de connaître le régime des vents pendant ces périodes. Toutefois cette remarque peut faire supposer que les polluants sont repoussés à l'ouest vers les premiers contreforts de la chaîne des Dômes. Ainsi apparaît peut-être toute l'importance des vents d'Est et de Nord-Est et des inversions de température. Hélas, ces études fractionnées dans le temps ne nous permettent pas une comparaison suffisamment étayée avec les 3 premiers postes.

### *3 - Comparaison avec les autres villes.*

L'étude du taux d'acidité forte, au sein de l'atmosphère

COURBE N° 16  
ACIDITÉ FORTE ET FUMÉES, PAR POSTE  
en 1970 ( AOUT )



des agglomérations urbaines, a été pratiquement réalisée dans toutes les villes en France et à l'étranger, au moyen d'appareils de type S F I : Besançon ( 45 ), Bordeaux ( 3 ), Lyon ( 87, 84, 88 ), Marseille ( 61 ), Nantes ( 67 ), Paris ( 51, 9, 64, 65 ), Saint-Maur ( 48 ), Toulouse ( 7 ), Lausanne ( 16 ), Japon ( 80 ).

Le nombre de postes change d'une ville à l'autre, et dans une ville donnée, il varie selon les années. Les résultats sont fort différents tant au point de vue forme, que du point de vue chiffre ( 32 bis ) ( tableau 60 ).

Si on admet avec le Professeur Bourbon de Toulouse ( 7 ), comme significatifs, les résultats supérieurs à 100 microgrammes/m<sup>3</sup> (  $\neq$  0,038 ppm ), seulement 25 dosages sur 219 au poste le plus pollué ( poste I ), répondent à ce critère, soit 11 %.

Bien que nous ayons relevé parfois des taux élevés ( tableau 54 ), ( 1 supérieur à 300 microgrammes/m<sup>3</sup> ), le taux de pollution soufrée est légèrement inférieur à ceux rencontrés dans les autres villes. Les normes des qualités de l'air correspondent à celles qui viennent d'être fixées aux U.S.A. ( moyenne annuelle pour SO<sub>2</sub> 80 mcg/m<sup>3</sup> ( 0,030 ppm ) avec un maximum dépassable une fois par an 365 mcg/m<sup>3</sup> ( 0,140 ppm ).

Nous sommes encore loin des valeurs fixées par l'arrêté du 11 août 1964, qui détermine à Paris des zones de pollution spéciale en prenant pour base, les teneurs moyennes journalières d'acidité forte de 750 mcg/m<sup>3</sup> ( 0,29 ppm ) et de fumées noires de 310 mcg/m<sup>3</sup>, ne devant pas être observées plus de 8 jours consécutifs sur 1 an.

## **C - Les Fumées**

De la même façon que précédemment, nous avons élaboré à partir des 1070 résultats les moyennes hebdomadaires ( tableau

TABLEAU 60

| Moyennes annuelles |           |         |               | Valeurs maximales |        |       |
|--------------------|-----------|---------|---------------|-------------------|--------|-------|
| Ville              | Année     | mcg/m3  | ppm           | Année             | mcg/m3 | ppm   |
| Paris              | 1962-1963 | 148     | 0,060         | 1961              | 900    | 0,346 |
|                    | 1969-1970 | 128     | 0,049         |                   |        |       |
| St-Denis           | 1969      | 110     | 0,040         | 1969              | 800    | 0,338 |
| Porcheville        | 1969      | 30      | 0,015         | 1969              | 380    | 0,146 |
| Rouen              | 1969      | 70      | 0,027         | 1969              | 460    | 0,177 |
| Nantes             | 1967      | 50      | 0,019         |                   |        |       |
|                    | 1969      | 30      | 0,015         | 1969              | 720    | 0,276 |
| Le Havre           | 1969      | 40      | 0,015         | 1969              | 710    | 0,275 |
| Besançon           | 1966      | 95      | 0,037         |                   |        |       |
| Lyon               | 1966      | 86      | 0,033         | 1971              | 952    | 0,366 |
| St-Maur            | 1969      | 58      | 0,022         |                   |        |       |
|                    | 1970      | 46      | 0,018         | 1970              | 503    | 0,193 |
| Clermont-Fd        | 1970      | 37      | 0,014         | 1970              | 338    | 0,130 |
| Toulouse           |           | 30 à 50 | 0,015 à 0,019 |                   |        |       |

ACIDITE FORTE : Moyennes annuelles exprimées en microgramme par m3  
( mcg/m3 ) et ppm d'anhydride sulfureux.

42 à 55 ), les moyennes mensuelles ( tableau 29 ), les moyennes semestrielles ( tableau 27 ), et les moyennes annuelles ( tableau 25 ).

### *1 - Remarques générales sur les résultats trouvés.*

La plupart des remarques précédentes, sont applicables aux fumées ( tableaux ).

— Les teneurs en fumées augmentent pendant la période hivernale, même au poste III, contrairement au  $\text{SO}_2$ .

— Quelque soit le mois, ces teneurs vont en diminuant, du centre à la périphérie de l'agglomération, les écarts entre les postes I et II, sont beaucoup plus importants que pour  $\text{SO}_2$  ( rapport poste I / poste II = 1,13 pour le  $\text{SO}_2$  , et 1,58 pour les fumées ) ( tableau 59 ).

— A la différence du  $\text{SO}_2$  , la pollution est, en été, plus élevée au centre qu'à la périphérie.

— Les valeurs estivales, pour les postes I et II qui possèdent cependant des niveaux de pollution différents, se trouvent multipliés par rapport aux valeurs hivernales, par des coefficients très proches, respectivement 2,8 et 3,01 et pour le poste III seulement par 1,67. Cela traduit bien encore l'influence des foyers domestiques ( tableau 59 ).

— Hiver comme été, les rapports des teneurs en fumées entre les postes I et II, sont très voisins : 1,54 et 1,61 ce qui tend à prouver que ces fumées proviennent toujours de sources variant seulement par leur importance et non par la qualité de leurs émissions.

### *2 - Commentaires.*

Les conditions climatiques du mois de février tout particulièrement la fréquence et la force du vent, doivent avoir contribué à la dispersion des fumées. La chute des taux de concentration en fumées du mois de février, par rapport à ceux de janvier est très

nette ( tableau 29 ). C'est d'ailleurs au cours de cette période que fut relevé les valeurs maximales ( tableau 55 ).

### *3 - Comparaison avec les autres villes.*

La comparaison des moyennes mensuelles, établies dans différentes villes, nous révèle une diminution importante, pendant les mois de printemps et d'été ( 49 ). Les moyennes clermontoises correspondant aux mois d'hiver sont supérieures à celles de Saint-Maur, par contre, celles correspondant aux mois d'été sont inférieures. Les écarts sont très nettement accentués. Le tableau 61 nous donne les moyennes annuelles établies dans différentes villes françaises ( 32 bis - 49 ).

Il semble qu'au point de vue fumée noire, Clermont-Ferrand soit très en dessous des valeurs trouvées dans les autres villes. Pour l'ensemble des villes américaines, le chiffre de  $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est retenu ( 38 ).

Les trois sources de la pollution qui donnent naissance aux polluants ne sont que partiellement responsables des méfaits de la pollution atmosphérique. Un des facteurs les plus importants sur lequel l'homme peut difficilement agir, est le facteur climatologique. Il suffit d'une inversion de température, pour que les effets de ces nuisances soient décuplés. L'élément climatique peut bouleverser la répartition normale de la pollution. Il peut, soit la diminuer ou l'accroître. La connaissance de cet élément, devrait déterminer la répartition des zones résidentielles et industrielles des grandes agglomérations. Diverses observations montrent d'ailleurs l'importance des facteurs météorologiques dans les phénomènes de diffusion et de dilution des polluants et en particulier du rôle des inversions de températures ( 90, 9 bis ). Ainsi avec des températures variant de  $-12^{\circ}9$  au sol à  $+7^{\circ}$  à 940 m, il a été enregistré à Lyon le 11 janvier 1971 un taux horaire moyen de  $1500 \text{ mcg}/\text{m}^3$  et une moyenne journalière de  $952 \text{ mcg}/\text{m}^3$  alors que au même poste la moyenne sur 9 ans est de  $231 \text{ mcg}/\text{m}^3$  ( 32 ter ).

TABLEAU 61

|                     | Paris<br>1966-67 | Paris<br>1969-70 | St-Denis<br>1969 | Porcheville<br>1969 | Rouen<br>1969 | Nantes<br>1969 | Le Havre<br>1969 | St Maur<br>1969-70 | Lyon<br>1966 | Besançon<br>1966 | Clermont-Fd<br>1970 |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------|----------------|------------------|--------------------|--------------|------------------|---------------------|
| Moyenne<br>annuelle | 63               | 57               | 60               | 10                  | 40            | 30             | 30               | 58 46              | 66           | 75               | 29, 5               |

FUMÉES : Moyennes annuelles exprimées en microgramme par m<sup>3</sup> ( mcg/m<sup>3</sup> ).

## CONCLUSION.

L'étude systématique, pendant un an, des principaux polluants considérés comme étant des substances-tests de la pollution atmosphérique urbaine, nous a révélé une situation d'ensemble subnormale, mais également des points « chauds » non négligeables. Le problème de l'agglomération clermontoise sera de lutter contre l'élévation de la pollution et même d'essayer de la réduire.

L'augmentation continue et croissante du parc automobile, supposera, d'une part, une meilleure éducation des automobilistes ( réglage de leur voiture, grâce à l'existence de centres équipés ), et d'autre part, une amélioration de la circulation, afin de favoriser l'écoulement du trafic.

Une grande part de la pollution atmosphérique urbaine par l'anhydride sulfureux est imputée aux foyers domestiques. Dans un premier temps, une action d'information doit être entreprise sur la qualité des combustibles, sur leur utilisation ( 66 ), sur le réglage des moyens de chauffage ( 37, 91 ), dépoussiéreurs ( 70 ), avant la généralisation du chauffage central collectif, seul moyen efficace pour diminuer ce type de pollution ( expérience à Firminy ( 26 ), à Chambéry ( 34 ) ).

La création d'espaces verts ( 14, 15 ), contribue à améliorer la qualité de l'air, mais également à atténuer les bruits. La substitution aux dépôts d'ordures d'une usine d'incinération, bien réglée, permettra l'amélioration de la qualité de l'air et celle de la beauté des sites.

Des mesures anti-pollution sont prises à l'échelon national : mesures techniques ( caractéristiques des moteurs ) et législatives. A l'échelon local, il appartient aux responsables d'envisager des moyens de lutte qui s'intègrent dans le contexte de l'évolution de la cité ; tout développement a pour corollaire une augmentation

des sources de pollutions. Tout plan d'extension ne peut se concevoir valablement qu'en y incluant simultanément des moyens de lutte contre une augmentation des niveaux de pollution. A toute concentration de population doit correspondre des espaces verts et des grandes voies de circulation. Les solutions sont plus faciles à trouver au moment de la conception des projets ; elles sont toujours insuffisantes lorsqu'elles sont imaginées trop tard. La prévention est souvent moins onéreuse et toujours plus efficace que le traitement a posteriori .

Les études de pollution atmosphérique se placent au niveau des études préalables à tout projet d'aménagement d'une agglomération ou d'une région.

L'inventaire ( 55 bis ) de tous les facteurs entrant en ligne de compte dans les problèmes de pollution doit être fait minutieusement.

- topographie : rugosité du sol, macrovégétation
- direction et vitesse du vent au sol et en altitude
- température de l'air au sol et en altitude
- inventaire des sources de pollution

La conjugaison des efforts individuels et de ceux des collectivités permettront à l'agglomération clermontoise de demeurer une ville où l'air sera respirable.

Toutefois cette enquête sur la pollution atmosphérique dans l'agglomération clermontoise n'est qu'un travail préliminaire qui doit nous servir de base pour l'implantation d'un réseau de surveillance plus dense et pour envisager l'étude d'un certain nombre de paramètres ( vents, température, etc ... ) qui nous manque dans l'agglomération elle-même pour interpréter les résultats des analyses d'air.

Nous ne pouvons que souscrire aux termes de la chronique trimestrielle de la Revue « Pollution atmosphérique » ( 68 ter ) « Qu'arriverait-il en effet, si certaines communes, justement désireuses de voir s'accroître les implantations industrielles en pensant à un profit immédiat, négligeaient de se préoccuper de certaines conséquences dans le domaine des nuisances, et refusaient les conseils des spécialistes. Ce réveil serait dur, mais il serait trop tard. ».

---

## CONCLUSION

---

Le problème de la pollution atmosphérique se pose dans l'agglomération clermontoise comme il se pose dans tous les centres urbains importants où l'on retrouve les mêmes causes de nuisances liées principalement à la densité de la population, à l'intensité de la circulation et au développement industriel.

Le but de notre travail était d'apprécier l'importance de la pollution atmosphérique dans cette agglomération qui s'est profondément transformée au cours de ces dernières années.

1- En rappelant dans le premier chapitre, les divers types de polluants émis sous forme de gaz, de particules liquides ou solides : composés soufrés, carbonés, azotés, fluor, plomb, poussières, fumées etc..., nous avons plus particulièrement insisté sur ceux qui, à l'heure actuelle, sont le plus souvent étudiés pour des raisons pratiques, mais qui représentent les pollutions importantes et caractéristiques des trois sources principales : foyers domestiques, foyers et rejets industriels, automobile. A propos de cette dernière, un paragraphe spécial a d'ailleurs été consacré au gaz d'échappement dont la composition a fait récemment l'objet d'une réglementation limitant le taux maximum d'oxyde de carbone.

Ces divers polluants devraient d'ailleurs faire l'objet d'étude et de contrôle plus systématiques dans les zones à forte densité de population : un tableau résume brièvement les principales méthodes de dosage.

Le caractère toxique à long terme de ces polluants est certain. Mais alors qu'il est relativement facile d'établir en hygiène industrielle des concentrations maximales admissibles ( MAC ) dans

l'atmosphère des ateliers pour une présence de 8 heures par jour et pour une population adulte, il est très difficile encore, en l'état de nos connaissances, de fixer des concentrations maximales pour les polluants de l'air, concentrations auxquelles une population hétérogène de jeunes et de vieillards, de bien-portants et de malades, puisse être soumis sans dommages, 24 heures sur 24 et pendant des dizaines d'années.

Pour l'oxyde de carbone, nous avons indiqué la terminologie utilisée par le laboratoire de la Préfecture de Police de Paris avec un niveau de 30 ppm qualifié de sérieux. Mais cette concentration de 30 ppm durant seulement 8 heures est considérée déjà comme « sérieux » dans l'état de Californie et de la ville de New York.

Pour la pollution acide par  $\text{SO}_2$  et celle des poussières il est reconnu l'action néfaste de l'association de ces deux polluants sur les affections respiratoires en particulier.

Ces normes d'air ambiant que proposent divers pays ( U. S.A, U.R.S.S. ) ; et vers lesquelles on tend, par des moyens techniques règlementaires et éducatifs, sont encore assez différentes, mais très en dessous des MAC industriels ; ces normes sont susceptibles d'être encore plus strictes dans les années à venir et la législation de plus en plus rigoureuse.

Aux U.S.A., en effet, les normes fédérales des qualités d'air ambiant prévues pour prendre effet le 1er mai 1971 sont ;

- pour l'oxyde de carbone : 9 ppm, concentration moyenne sur 8 heures, dépassable une fois par an.

- pour l'anhydride sulfureux : 80 mcg/m<sup>3</sup> ( 0,031 ppm ) moyenne arithmétique annuelle, avec 365 mcg/m<sup>3</sup> ( 0,14 ppm ) sur 2 heures dépassable une fois par an.

- pour les particules : 75 mcg/m<sup>3</sup>, moyenne géométrique annuelle, avec 260 mcg/m<sup>3</sup> sur 24 heures dépassable une fois par an.

2- Les points de prélèvements d'oxyde de carbone, au nombre de 16 dans l'agglomération, les implantations des appareils  $SF_1$  pour le dosage, continu sur 24 heures, de l'anhydride sulfureux et des fumées, sont présentés dans le chapitre II avec la description du site particulier de l'agglomération clermontoise encadrée de collines sur trois côtés ( nord, ouest et sud ) et ouverte largement à l'est sur la plaine de la Limagne et du climat qui y règne.

La conduite de cette étude de la pollution étalée sur une année, du 1er novembre 1969 au 31 octobre 1970, ainsi que les méthodes classiques de dosage des trois polluants les plus typiques de la pollution sont développées avec plus particulièrement les critiques que l'on peut faire à ce protocole expérimental.

3- Les résultats des prélèvements journaliers des 3 560 dosages d'oxyde de carbone et des 1 070 déterminations de l'acidité forte et des fumées sont, sous forme de tableaux et de graphiques, rapportés, analysés et discutés dans le troisième chapitre.

#### a)- Oxyde de carbone :

Les points de prélèvements se répartissent en trois catégories, selon la concentration en oxyde de carbone :

. Les points situés en périphérie et sur les hauteurs ( Bellombre, Place Allard, Avenue Thermale, Avenue de Villars ), ont les concentrations les plus faibles ( $< 10$  ppm ).

. Les points aux centres de l'agglomération ( Hotel de Ville, Place Gaillard, carrefour de la Banque de France ) sont les plus pollués ( 20 ppm environ et  $> 20$  ppm ).

. Les autres points ont une concentration intermédiaire ( entre 10 et 20 ppm ).

Ces considérations montrent les influences d'une part, du facteur automobile et de la qualité du trafic, d'autre part des facteurs géographiques ( caractéristiques de la rue, des immeubles). Les carrefours aérés, bien que supportant un trafic important sont moins pollués que les autres.

Les saisons, plus que dans certaines autres cités, paraissent jouer sur la concentration en oxyde de carbone : l'hiver aggrave la pollution. Par contre, le vent est un élément favorable de détoxification.

La moyenne générale annuelle « modérée » de 13,15 ppm, plus faible que dans plusieurs autres agglomérations françaises ( Paris, Lyon, Bordeaux ) ne reflète qu'imparfaitement le degré de pollution et masque certaines valeurs « notables » supérieures à 20 ppm. De plus, pendant les six mois d'hiver, la concentration se relève ; le niveau « notable » de 20 ppm est atteint et dépassé dans 10 postes sur 16 ; le niveau « sérieux » de 30 ppm est franchi au carrefour de la Banque de France. La fréquence des prélèvements à concentration élevée correspond bien à cette moyenne hivernale « notable »

b) - Acidité forte :

Une grande partie de cette pollution est attribuée aux foyers domestiques ; les teneurs d'été sont multipliées par 1,8 en hiver sur la ville, le poste III d'Aulnat présente des taux relativement constants pendant toute l'année. Le taux moyen de pollution par l'anhydride sulfureux est légèrement inférieur à celui rencontré dans les autres villes, bien que parfois, des valeurs supérieures à 300 mcg/m<sup>3</sup> ( 0,115 ppm ) aient été trouvées.

c) - Fumées :

Les remarques faites pour l'anhydride sulfureux sont applicables aux fumées, mais il faut noter une pollution plus grande au centre de la ville. L'influence des foyers domestiques est encore marquée comme pour  $\text{SO}_2$  puisque les teneurs en hiver sont presque trois fois plus fortes qu'en été. Les conditions climatiques, fréquence et force du vent d'une part, inversions de température d'autre part, augmentent les taux.

Ce travail ne permet évidemment pas de chiffrer sans critique le niveau de pollution. Des études semblables n'en sont qu'à leur début dans la plupart des villes de même importance. Les comparaisons des moyennes annuelles ne peuvent être donc faites sans quelques réserves.

Si toutefois, le niveau moyen n'est pas très élevé et peut entraîner vers un certain optimisme, les concentrations relevées dans quelques quartiers, plus particulièrement pour l'oxyde de carbone, ne doivent pas faire mésestimer le problème de la pollution qui est loin d'être négligeable et qui soulève deux remarques :

- un réseau de prélèvements plus dense devrait être réparti dans l'agglomération, comme récemment à Paris des mesures en continu d'oxyde de carbone complèteraient de manière fructueuse cette étude.

Enfin, une analyse des facteurs climatiques au sein même de la cité devrait être entreprise : les données aussi nombreuses et précises obtenues dans les différentes stations météorologiques périphériques ne reflètent qu'incomplètement l'état de l'atmosphère sur l'agglomération.

- à côté des textes et de la réglementation en vigueur sur le plan national contre la pollution en général, il appartient aux administrations des villes de bien connaître les conditions locales qui peuvent favoriser la pollution de l'atmosphère pour que le développement de ces agglomérations n'apporte pas en contre partie des avantages immédiats, une nuisance dont les effets risquent d'être préjudiciables à long terme.,

---

Clermont-Ferrand, le 31 Mars 1972

VU

Le Président du Jury

Professeur CLUZEL

Clermont-Ferrand, le 31 Mars 1972

VU

Le Doyen de la Faculté de Pharmacie

M. COULET

Vu et permis d'Imprimer

Thèse n° Ph/3/1972

Clermont-Ferrand, le 11 avril 1972

Le Président de l'Université,

R. KOHLMULLER



## BIBLIOGRAPHIE

- 1- ALARY J. -  
Contribution à l'étude des pollutions atmosphériques d'origine industrielle par les dérivés minéraux du fluor.  
Thèse n° 200, Paris 1969.
- 2- ANDRAUD., BERNIGAUD., CLUZEL.et VERELLE -  
Mesures des principaux polluants atmosphériques dans l'agglomération clermontoise .  
P.A. 1970, 12, 80-87.
- 3- ARTIGES., FREOUR P., CASTAGNOU R., COUDRAY P.  
et ROUSSEL A. -  
La pollution atmosphérique à Bordeaux.  
P.A. 1966, 8, 399-410.
- 4- AVY A. P. -  
La conception des seuils minima à ne pas dépasser.  
P.A. 1965, 7, 429-432.
- 5- BOSSARY J. -  
Etude d'un cas particulier dans la vallée de la Maurienne.  
P.A. 1961, 3, 95-106.
- 6- BOURBON P. -  
Détermination des divers polluants émis par un complexe industriel en zone rurale.  
P.A. 1965, 7, 362-380.
- 7- BOURBON P. -  
Contribution à l'étude de la Pollution atmosphérique.  
P.A. 1969, 11, 23-33.

- 8- BOURBON P. -  
Effets de la pollution atmosphérique sur la santé.  
Prod., Prol. Pharm. 1971, 26, 549-557.
- 8 bis - BOURBON P., BEL J., MALBOSC R., ROUFIOL F.  
et ROUZAUD J.R. -  
Contribution à la détermination spécifique dans l'atmosphère du dioxyde de soufre.  
P.A. 1971, 13, 271-274.
- 9- BOURELLY T. -  
Pollution atmosphérique par l'acidité forte et les fumées noires dans la banlieue de Paris.  
P.A. 1967, 9, 156-171.
- 9 bis - BROTO H. et LACAZE. -  
Rôle des surfaces d'inversion dans la propagation de la pollution atmosphérique.  
P.A. 1971, 13, 108-110.
- 10- BRUIN ( de ) A. -  
Teneurs en carboxyhémoglobine dues aux émanations du trafic automobile.  
Arch. environn. Hlth. 1967, 15, 384-389.
- 11- CANDELLI A. -  
Le problème de l'action cancérigène de l'air pollué.  
Analyse des gaz d'échappement des moteurs à explosion.  
Riv. ital. Igiene 1966, 26, 5-6, 438-453.
- 12- CHAMPOLLION G.-  
Rôle et importance des conditions météorologiques dans les phénomènes de pollution.  
Rev. Path. comp. 1971, 731, 1005-1023.
- 13- CHAPOUX E. -  
La pollution de l'air par les fumées automobiles.  
P.A. 1968, 10, 156-170.
- 14- CHASSERAUD J. -  
Remède naturel : l'espace vert.  
P.A. 1961, 3, 49-58.
- 15- CHASSERAUD J. -  
Les espaces verts et l'hygiène publique.  
P.A. 1962, 4, 470-495.

- 16- CHOLLET R., JACCARD G. et PILET P. -  
Contribution à l'analyse de la pollution atmosphérique  
( Etudes réalisées à Lausanne ).  
P.A. 1967, 9, 217-224.
- 17- CHOUARD P. -  
Aperçu des effets des pollutions atmosphériques sur la végétation.  
P.A. 1960, 2, 77-83.
- 18- CHOVIN P. -  
Le laboratoire municipal et la lutte contre la pollution.  
P.A. 1965, 7, 21-27.
- 19- CHOVIN P. -  
Pollution atmosphérique et chimie analytique.  
Bull. Soc. chim. Fr. 1968, 5, 2191-2215.
- 20- CHOVIN P. -  
Activités du laboratoire municipal en matière d'études sur la pollution atmosphérique et sa contribution à la lutte de ce fléau.  
Rev. Hyg. Med. Soc. 1968, 16, 5, 441-462.
- 21- CHOVIN P. et ROUSSEL A. -  
La pollution atmosphérique.  
" Que sais-je " - Presses universitaires de France.
- 22- CHOVIN P. et TRUFFERT L. -  
Distribution et signification de l'oxyde de carbone en tant que polluant atmosphérique.  
P.A. 1968, 10, 148-155.
- 23- CHOVIN P. -  
Etudes de pollution atmosphérique à Paris et dans les départements périphériques en 1969.  
Réf. 62.102 D/PA, Avril 1970.
- 24- CHOVIN P., DUFFAUD J. ( Mme )., TRUFFERT L., HEROS R., GERONIMI J.L. et WACER C. -  
La pollution de l'air à Paris par les automobiles pendant la grève du métropolitain.  
P.A., 1971, 13, 308-311.
- 25- CLAEYS C. -  
Détermination de la pollution atmosphérique.  
P.A. 1961, 3, 72-86.

- 25 bis - CLAUDE J. R. -  
Recherches analytiques, physiopathologiques et biochimiques  
sur les risques de toxicité à long terme de l'oxyde de  
carbone.  
Thèse n° 129. Paris 1964.
- 26- CLAUDIUS - PETIT E. -  
Résultats obtenus à Firminy.  
P.A. 1961, 3, 59-65.
- 27- Comité d'action technique contre la pollution atmosphérique  
1965-1968. - 10 juin 1969 . Imprimerie Monnet 15 bis rue  
Henri-Münger Paris 19ème.
- 28- COUDRAY P. et FREOUR P. -  
La pollution atmosphérique par oxyde de carbone à Bor-  
deaux.  
P.A. 1970, 12, 16-18.
- 29- COUDRAY P. et MEAR J. -  
Etude de l'imprégnation oxycarbonée des gardiens de la  
paix assurant la circulation des véhicules automobiles à  
Bordeaux.  
P.A. 1969, 11, 20-22.
- 30- DEBRUN G. -  
Appareil " S. F. " ( Soufre - Fumée ) enregistreur en con-  
tinu.  
P.A. 1968, 10, 81-87.
- 31- DEQUIDT J. , VAAST D. et LESPAGNOL A. -  
Risques d'imprégnation saturine au voisinage d'usine de  
traitement du plomb.  
P.A. 1971, 19, 289-292.
- 32- DETRIE J. P. -  
La pollution atmosphérique.  
Dunod éditeur. Paris 1969.
- 32 bis - DETRIE J. P. -  
Les études et recherches sur la mesure des nuisances,  
leurs effets et la prévention.  
P.A. 1971, 13, 52-56.
- 32 ter. EAST C. -  
Rapport sur la pollution atmosphérique et île de chaleur.  
P.A. 1971, 13, 219.

- 33- FACY. -  
Intervention des facteurs météorologiques dans la pollution atmosphérique.  
P.A. 1959, 1, 41-54.
- 34- FISCH R. -  
Le chauffage urbain, remède de la pollution atmosphérique.  
P.A. 1961, 3, 159-164.
- 35- GEORGII H. W. et WEBER E. -  
Recherche sur les émissions de CO dans une grande ville.  
Int. J. Air Wat. Pollut. 1962, 6, 179-195.
- 36- GEORGII H. W. -  
Distribution en fonction de l'altitude de l'oxyde de carbone dans les rues d'une grande ville, en fonction des conditions météorologiques.  
Communication VI/18, à l'international clean air congress.  
Londres 4, 7 octobre 1966, 209-210.
- 37- GERARD M. et LA MEYRE N. -  
Une seconde année d'action directe contre la pollution atmosphérique à Paris.  
P.A. 1962, 4, 307-326.
- 38- GERNEZ CH., RIEUX. et GERVOIS M. -  
Eléments de médecine préventive ; hygiène et médecine sociale.  
2e édition 1966, édition médicale Flammarion.
- 39- GOLDSMITH J. R. -  
Contrôle et prévention de la pollution de l'air.  
Proc. Roy. Soc. Med. 1964, 57, 1034-1040.
- 40- GRENON M. -  
L'air - Pétrole progrès.  
Avril 1970, 10-15.
- 41- GROSSKOPF K. -  
Représentation de l'effet toxique de l'oxyde de carbone.  
Dräger Hefte 1959, 236, 5180-5182.
- 42- GUILHON M. J. -  
Contribution à l'étude de la pollution atmosphérique par les sublimats fluorés d'origine industrielle.  
P.A. 1961, 3, 260-272.

- 43- GUILLER MIC M.A. -  
Influence du chauffage aux combustibles liquides, sur la pollution atmosphérique.  
P.A. 1962, 4, 20-52.
- 44- HETTCHE H.O. -  
La limitation de la pollution de l'air du point de vue de l'hygiéniste.  
P.A. 1961, 3, 385-388.
- 45- JACQUEMAIN R., REMY F. et REMY-BILLON M.C. -  
La pollution atmosphérique à Besançon.  
P.A. 1968, 10, 219-223.
- 46- KETTNER H. -  
Concentrations maximales de substances toxiques dans l'atmosphère.  
Staub 1961, 21, 12, 527-529.
- 47- KODAR J. -  
Influence des données météorologiques sur la concentration en  $SO_2$  dans les villes.  
Warne 1967, 73, 3, 73-78.
- 48- KORNMANN M.H. et POLAC M.A. -  
La pollution atmosphérique dans le canton de St-Maur.  
P.A. 1965, 7, 173-193.
- 49- KORNMANN H., FOURNIER M. et POLAC A. -  
Résultats des mesures de la pollution de l'air effectués dans le canton de St-Maur en 1970.  
P.A. 1971, 13, 116-123.
- 50- LAUWICK H. -  
" Grand papa était enragé " page 109, Editeurs Fayard.
- 51- LABONDE J., MENETRIER M.L. et PELLETIER M.J. -  
La pollution atmosphérique dans la région parisienne et ses répercussions sur la santé.  
P.A. 1965, 7, 530-565.
- 52- LAHMAN E. -  
Mesures de la répartition horizontale des concentrations de CO dans une rue.  
Staub 1968, 144-145.
- 53- LEBRE M.J. -  
Résultats récents obtenus dans l'étude de la pollution atmosphérique par les gaz d'échappement des véhicules automobiles de l'atmosphère de Paris.  
P.A. 1965, 7, 316-325.

- 54- LEMAIGRE M. P. -  
La pollution de l'air par les véhicules automobiles.  
P.A. 1966, 8, 439-482.
- 55- MALBOSC R. -  
Contribution à l'étude de la détermination spécifique de  
l'anhydride sulfureux : polluant atmosphérique.  
Thèse n° 32. Toulouse 1967.
- 55 bis - MAZODIER J. -  
La prévention de la pollution atmosphérique dans l'amé-  
nagement concerté  
P.A. 1970, 12, 94, 106.
- 56- MILOKOSTOVA L. G. et PROKIGSENKO K. A. -  
Pollution automobile à Rostov sur le Don.  
Litérature on air pollution and related occupational dise-  
ases. 8, 215-217.
- 57- MIURA et coll. -  
Contribution de l'échappement des moteurs à la pollution  
de l'air.  
The journal of Science of labour Tokyo, 1961, 37, 11,  
383-387.
- 58- MOUREU H. -  
Détermination de la pollution de l'atmosphère due aux  
gaz d'échappement des véhicules automobiles.  
P.A. 1960, 2, 31-39.
- 59- MOUREU H. , CHOVIN P. , TRUFFERT L. et LEBBRE J. -  
Sur le choix de l'oxyde de carbone comme substance-test  
de la pollution, par les gaz d'échappement des véhicules  
automobiles. Application à l'étude de la pollution atmos-  
phérique de Paris en 1960.  
P.A. 1962, 4, 187-209.
- 60- MOUREU H. -  
La pollution chimique de l'air des agglomérations urbaines.  
P.A. 1970, 12, 73-85.
- 60 bis - MOUREU H. -  
Pollution et nuisances dans les agglomérations urbaines  
P.A. 1971, 13, 301-307.
- 61- ORIEUX M. A. et POUGET M. E. -  
La pollution atmosphérique à Marseille.  
P.A. 1966, 8, 411-438.

- 62- PACCAGNELLA B. -  
Pollution naturelle de l'air par l'ammoniaque et son inter-  
férence dans le titrage acidimétrique de l'anhydride sul-  
fureux.  
Zbl. Bakt. I. Abt. Orig. 1963, 191, 345-356.
- 63- PELLETIER J. -  
Esquisse d'un programme d'étude de la pollution atmos-  
phérique en vue de déterminer la prévention de ses mé-  
faits sur la santé publique.  
P.A. 1959, 3, 101-111.
- 64- PELLETIER J. -  
Esquisse d'un programme d'étude de la pollution atmos-  
phérique en vue de déterminer la prévention de ses mé-  
faits sur la santé publique.  
P.A. 1959, 4, 231-261.
- 65- PELLETIER J. -  
Enquêtes de pollution atmosphérique dans l'environnement.  
P.A. 1967, 9, 240-252.
- 66- PERDON H. -  
Moyens d'action contre la pollution atmosphérique, grâce  
à l'utilisation rationnelle des combustibles.  
P.A. 1961, 3, 203-213.
- 67- PETIT L. et QUERE J. ( Mme ). -  
Résultats de mesures de la pollution atmosphérique à  
**Nantes.**  
P.A. 1969, 11, 18, 186.
- 68- PILE G. -  
Xème Anniversaire du C. I. T. E. P. A.  
P.A. 1971, 13, 7-15.
- 68 bis - Pollution atmosphérique ( extrait de la revue ). -  
La sécurité et l'hygiène dans les garages et les parkings  
souterrains.  
P.A. 1970, 12, 109-111.
- 68 ter. Pollution atmosphérique ( extrait de la revue ). -  
chronique de la pollution atmosphérique.  
P.A. 1971, 13.
- 69- QUERET Y. -  
La pollution de l'air par les foyers domestiques.  
P.A. 1960, 2, 90-104.

- 70- RAILLERE R. -  
Amélioration dans les procédés de filtration de l'air.  
P.A. 1960, 2, 195-205.
- 71- RAMSEY J.M. -  
Concentration en CO aux carrefours à grande circulation  
à Dayton Ohio.  
Arch. environn. Hlth. 1966, 13, 44-46.
- 72- Rapport présenté par Monsieur le Ministre de l'environnement.  
P.A. 1971, 13, 223.
- 73- RAYMOND Y. et VALLAUD A. -  
L'oxyde de carbone et l'oxycarbonisme.  
2e édition 1962 par l'Institut National de sécurité pour la  
prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles,  
9, avenue Montaigne. PARIS 8e.
- 74- RIEDEL H. -  
Problèmes posés par l'épuration catalytique des substances  
nocives contenues dans les gaz d'échappement des moteurs  
à essence et des diésels.  
Communication faite le 24 octobre 1961, au congrès organisé  
à Turin par le N.A.N.S.
- 75- ROSE A.H. -  
Comparaison des émissions des gaz d'échappement d'automobiles  
dans 2 grandes villes américaines.  
J. Air. Pollut. Control. Ass. 1965, 962-966.
- 76- ROUSSEL A. -  
Etat actuel de la lutte contre la pollution atmosphérique  
aux Etats-Unis.  
P.A. 1961, 3, 33-48.
- 77- SERRUYS M. -  
La toxicité des gaz d'échappements des voitures automobiles ;  
les moyens de la réduire.  
P.A. 1960, 2, 42-61.
- 78- SERRUYS M. -  
Nouveaux progrès dans l'épuration de l'échappement des  
moteurs.  
P.A. 1963, 5, 171-191.

- 79- STUPFEL M. -  
Conférences à New-York 1970<sub>1</sub>. Effets biologiques de l'o-  
xyde de carbone.  
P.A. 1970, 12-107.
- 80- SUZUKI T. -  
Situation de la pollution atmosphérique au Japon, et action  
sur la santé humaine.  
Nihon Kikai Gakkaiski 1964, 67, 289-301.
- 80 bis : TANAEVSKY O. -  
Pollution atmosphérique par le peroxyde d'Azote.  
P.A. 1970, 12, 265.
- 81- THIEBAULT M.R. -  
La lutte contre la pollution de l'atmosphère, par les gaz  
d'échappement des moteurs à explosion.  
P.A. 1964, 6, 141-149.
- 82- TRUFFER L. -  
La pollution saturine  
Ann. Fails. Exp. Chim. 1972, 65, 51-97.
- 83- TRUHAUT R. et DE CLERCQ M. -  
Risques de cancérisation pouvant résulter de la pollution  
de l'air des villes.  
P.A. 1960, 2, 62-67.
- 84- TRUHAUT R. -  
Dangers de contamination des aliments pouvant résulter  
de la pollution de l'air.  
P.A. 1961, 3, 527-545.
- 85- TRUHAUT R. -  
Sur les risques pouvant résulter de la pollution de l'air  
des villes et sur les moyens de lutte à mettre en oeuvre.  
P.A. 1962, 4, 3-19.
- 86- TRUHAUT R. -  
Sur les risques pouvant résulter de la pollution de l'air  
des villes et sur les moyens de lutte à mettre en oeuvre.  
P.A. 1962, 4, 148-186.
- 87- VIOLET P. et DUMARCHEY M. -  
Premier cycle d'observation et de mesures effectuées à  
Lyon et à Villeurbanne.  
P.A. 1962, 4, 355-374.

- 88- VIOLET P. et DUMARCHEY M. -  
Mesures de la pollution atmosphérique effectuées dans  
l'agglomération lyonnaise en 1962.  
P.A. 1964, 6, 49-57.
- 89- VIOLET P. et DUMARCHEY G. -  
Etude de la pollution de l'atmosphère de Lyon ( année  
1965 ).  
P.A. 1967, 9, 77-83.
- 90- VIOLET P., DUMARCHEY G. et JOURDAN F. -  
Pollution de l'air et météorologie.  
P.A. 1971, 13, 201-207.
- 91- VIVIEN LJ. -  
Amélioration de la fumivorité des chaudières et foyers  
divers dans les hôpitaux de l'Assistance publique à Paris.  
P.A. 1962, 4, 60-65.
- 92- WALTER RE. -  
Pollution de l'air dans la rue d'une ville.  
Brit. J. Industr. Med. 1965, 22, 128-138.
- 93- ZUBER R., BOVAY E., TSCHANNEN W. et QUINCHE  
J. P. -  
La pollution par le plomb en bordure des critères à grand  
trafic en Suisse.  
P.A. 1970, 12, 247.
-



## TABLE DES MATIERES

---

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| INTRODUCTION .....                                                                                                                    | 1   |
| PLAN .....                                                                                                                            | 5   |
| CHAPITRE I :                                                                                                                          |     |
| Les principaux polluants atmosphériques .....                                                                                         | 9   |
| CHAPITRE II :                                                                                                                         |     |
| Mesure de l'oxyde de carbone, de l'acidité forte et des<br>fumées dans l'agglomération clermontoise : Matériel et<br>méthodes.....    | 49à |
| CHAPITRE III :                                                                                                                        |     |
| Mesure de l'oxyde de carbone, de l'acidité forte et des<br>fumées dans l'agglomération clermontoise : Résultats et<br>discussion..... | 57  |
| CONCLUSION .....                                                                                                                      | 147 |
| BIBLIOGRAPHIE .....                                                                                                                   | 155 |

---





